ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MAI 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence du bore dans quelques silico-aluminates basiques naturels.* Note de MM. **A. Lacroix** et **A. de Gramont**.

Le désir de compléter la connaissance de trois silico-aluminates basiques rares (*saphirine*, *kornerupine*) ou nouveaux (*grandidiérite*) de Madagascar [1] nous a conduits à y rechercher spectrographiquement s'il n'y existerait pas quelque élément intéressant. Cet examen y ayant fait découvrir le bore qui avait échappé à une première analyse et en quantité qui paraissait devoir être dosable, nous en avons repris l'analyse complète, puis nous avons entrepris des sondages au point de vue qualitatif sur toute une série d'autres minéraux silico-alumineux.

La méthode de recherche est celle qui a été exposée par l'un de nous [2]. Rappelons seulement que les minéraux réduits en poudre fine et intimement mélangés avec trois parties de Na^2CO^3 sont fondus dans une cuillère de platine au-dessus d'un bec Meker; le spectre d'étincelle (étincelle condensée, $C = 0{,}0232$ microfarad, sans self-induction) a été pris (par M. Dureuil), entre la masse en fusion et un gros fil de platine au spectrographe à optique en quartz qui laisse passer le doublet de raies ultimes du bore [u_1 2497,8, qui paraît sensible au cent-millième et u_2 2496,8]; afin d'obtenir quelques indications sur la teneur en bore des minéraux ainsi

(1) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 672.
(2) A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 477.

essayés, nous avons aussi tenu compte des variations d'intensité de la raie 3415,2 qui disparaît pour environ un dix-millième de bore. Ce spectre est intercalé en coïncidence sur la même plaque entre le spectre de Na^2CO^3 en fusion seul (mêmes conditions) et celui d'un cadmium à froid contenant plusieurs centièmes de bore.

L'intensité du spectre du bore fourni par la *saphirine* d'Itrongahy, par la *grandidiérite* d'Andrahomanana, par la *kornerupine* d'Itrongahy nous avait conduit à penser que la proportion du bore contenu dans ces minéraux doit aller en croissant de la première à la troisième de ces substances; c'est bien ce qu'ont mis en évidence les analyses suivantes effectuées par M. Raoult [1].

a, Saphirine; *b*, Grandidiérite; *c*, Kornerupine.

	a.	*b.*	*c.*
SiO^2	15,08	20,46	31,09
Al^2O^3	60,46	51,75	38,17
B^2O^3	0,75	2,81	3,59
Fe^2O^3	1,42	7,29	2,02
FeO	0,78	4,11	0,73
MgO	21,42	7,91	22,51
CaO	0,42	0,86	0,51
Na^2O	tr.	2,94	1,36
K^2O	»	0,38	0,08
H^2O à 105°	0,05	»	»
» au rouge	0,01	1,64	0,10
	100,49	100,17	100,16

On peut considérer que dans ces minéraux le bore remplace isomorphiquement l'aluminium; des essais effectués sur la saphirine et la kornerupine de Fiskernaes au Groenland et sur la prismatine (variété du même minéral) de Waldheim en Saxe ont montré que ces minéraux renferment également du bore, mais en quantité moindre que dans le produit de Madagascar : il eût été utile de reprendre l'analyse de ces minéraux, malheureusement nous ne possédons pas d'échantillons suffisants pour cette étude.

Ces nouvelles analyses donnent : pour la saphirine, une formule $4\,SiO^2$,

[1] La pureté des minéraux essayés a été, bien entendu, vérifiée par un examen microscopique très soigné.

$10(Al, Fe, B)^2O^3, 9MgO$, un peu différente de celle admise généralement ($2SiO^2, 6Al^2O^3, 5MgO$); pour la grandidiérite,

$$5SiO^2, 8(Al, Fe, B)^2O^3, 4(Fe, Mg, Ca)O, 2(Na, K, H)^2O;$$

enfin, pour la kornerupine,

$$7SiO^2, 6(Al, Fe, B)^2O^3, 8(Mg, Ca, K^2, Na^2)O = [SiO^4]^7Mg^8[(Al, Fe, B)O]^{12},$$

au lieu de la formule SiO^2, Al^2O^3, MgO qui a été proposée pour le minéral du Groenland. Il est à remarquer que, pour ce dernier, l'analyse de Lorenzen n'indique pas la présence d'alcalis, alors que dans la prismatine il en a été trouvé une quantité se rapprochant de celle signalée plus haut. Il est bon de signaler que, contrairement à la kornerupine et à la prismatine jusqu'ici étudiées, qui sont seulement translucides, la kornerupine de Madagascar est d'une pureté parfaite; ses cristaux transparents constituent une gemme.

Ceci étant posé, nous exposerons les résultats positifs ou négatifs que nous ont fournis diverses autres espèces minérales.

Résultats positifs. — Dumortiérite. Ce minéral a été décrit par Damour d'après des échantillons découverts par M. Gonnard à Beaunan, près Lyon; il n'y a été signalé alors que SiO^2, Al^2O^3, Fe^2O^3, mais plus tard le même minéral a été retrouvé dans divers gisements de l'Amérique du Nord, et des quantités de bore atteignant 5 pour 100 y ont été constatées. Nous n'avons pu purifier que quelques centigrammes de la dumortiérite de Beaunan dont le gisement est actuellement épuisé. La réaction du bore y est certaine, mais très faible; aussi semble-t-il que le pourcentage de cet élément doit être inférieur à celui des échantillons américains; ce serait là un argument en faveur de l'hypothèse [1] d'après laquelle il remplacerait l'aluminium en proportion variable.

Idocrase. Le bore a été signalé déjà dans les beaux cristaux de wiluite [2]. Nous en avons rencontré des quantités notables, dans l'idocrase des gisements suivants : Wilui (Sibérie) ; Pics de Pégueres et d'Arbizon (Hautes-Pyrénées); Col de Bouts (Aragon); Vallée de Fleim

---

(1) Cette opinion a été déjà émise par M. Ford (*Ann. J. of Sc.*, t. 14, 1902, p. 426) en opposition avec celle de M. Schaller (*Ibid.*, t. 19, 1905, p. 211), qui a déduit de ses analyses l'hypothèse d'une proportion constante de bore.

(2) 2,54 pour 100 de B^2O^3, d'après Rammelsberg.

(Tyrol); Egg et Christiansand (Norvège); un dosage direct a fourni 0,63 de B^2O^3 pour l'idocrase de Péguères ([1]).

Un spectre beaucoup plus faible et correspondant à une teneur moindre a été fourni par l'idocrase des gisements suivants : Canigou (Pyrénées-Orientales); Pic-du-Midi-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées); Sahun et Pic des Posets (Aragon); Ala (Piémont); Göpfersgrün (Bavière); Parsonfield (Maine).

Enfin, les idocrases d'autres gisements ont donné des résultats négatifs : Roguédas (Morbihan); Somma; Zermatt; Cziklova (Banat); Eger (Bohême) (variété *egérane*); Mäntsälä (Finlande) (variétés *frugårdite*, *hétéromérite* et *jewreinowite*); Souland en Telemarken (Norvège) (variété *cyprine*).

On voit, d'après ces résultats, que là encore le bore est bien un élément accessoire des idocrases; son existence ne constitue pas une caractéristique constante de ce minéral. On sait qu'il existe des idocrases fluorées et d'autres dépourvues de fluor. Il serait intéressant de rechercher s'il y a quelque relation entre la présence du fluor et celle du bore; nous n'avons pour l'instant que des indications insuffisantes à cet égard, mais elles paraissent symptomatiques; l'idocrase de Wilui, de Péguères, d'Arbizon et d'Egg est à la fois fluorifère et borifère, alors que celle d'Ala, de Zermatt, de Cziklova, ne renferme ni bore ni fluor.

Le bore ne doit pas être considéré comme une simple impureté des métaux trivalents des silico-aluminates; dans un même gisement, il ne se rencontre que dans l'idocrase; en effet, à Péguères, les cristaux de ce minéral sont généralement englobés dans des rhombododécaèdres de grenat grossulaire, comme eux silicates alumino-calciques; or ces grenats ne renferment pas de bore. Il en est de même pour la prehnite (koupholite) qui accompagne l'axinite, minéral très boré, dans les contacts granitiques de la Piquette déras lids, près Barèges; elle ne contient pas traces de bore. La même observation peut être faite pour les minéraux (diopside, orthose ferrifère) qui accompagnent la kornerupine d'Itrongahy.

Notons en passant que le titane n'a été, jusqu'ici, signalé que dans l'idocrase de quelques gisements; nous avons constaté sa présence dans *tous* les échantillons examinés sans exception.

([1]) L'analyse complète faite par M. Raoult est la suivante : SiO^2 36,64; TiO^2 1,38; Al^2O^3 15,80; B^2O^3 0,63; Fe^2O^3 2,79; FeO 2,57; MnO 0,11; MgO 2,36; CaO 37,53; Na^2O 0,16; K^2O 0,49; H^2O 0,09; F 0,02 = 100,57.

Résultats négatifs. — La présence du bore dans la dumortiérite nous a conduits à étudier, au point de vue de la recherche de cet élément, les autres silicates d'alumine : *andalousite* (Brésil), *sillimanite* (Saybroock, Pontgibaud), *disthène* (Monte Campione), topaze (Brésil), l'alumine pure (*corindon*), ainsi que les hydrates d'aluminium (*diaspore* et *hydrargillite*), ainsi que la *staurotide* [Monte Campione et Baud (Morbihan)]. Tous ces minéraux ont fourni un résultat négatif. Il en a été de même encore pour la *prehnite* [Bowling et Kilpatrick (Écosse); Piquette déras lids], pour la *cordiérite* [Tsilaizina (Madagascar)], la *pollucite* (Buckfield, Maine), l'*ilvaite* (île d'Elbe), l'*euclase* (Ouro Preto, Brésil).

M. Vernadsky ayant annoncé (¹) qu'il a rencontré au spectrographe des traces de bore dans la *waluewite* de la mine Nicoláje-Maximilianoff, près Achmatowsk (Oural), nous avons étudié ce minéral sans pouvoir y déceler cet élément pas plus que dans la *xanthophyllite* de la même région (Mt Schischim), ni dans les chloritoïdes [*sismondine* (Saint-Marcel), *vénasquite* (Vénasque), *masonite* (Natic, Rhode Island)], ni enfin dans la *seybertite* (Amity, New York).

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes.* Note de M. H. DESLANDRES.

Dans les trente dernières années, la structure de l'atome a été étudiée de toutes les manières, et plusieurs modèles d'atome électrique ont été présentés (²). Les auteurs s'appuient principalement sur les spectres des corps, qui, émanés directement de l'atome, en représentent les vibrations spéciales et caractéristiques. De toutes les manifestations de l'atome, c'est celle-là qui permet le mieux d'atteindre et de scruter sa nature intime; car, par sa petitesse, l'atome échappe à nos sens et aux microscopes les plus puissants.

I. On a cherché d'abord à expliquer les spectres de lignes, et, en parti-

---

(¹) *Zeitschr. f. Krystal.*, t. 53, 1913, p. 277.

(²) L'atome électrique est un atome formé de particules électrisées. Si l'on excepte l'atome de Ritz qui offre au centre de petits aimants, les autres atomes ont un noyau positif et des électrons négatifs qui circulent autour. On a deux sortes de noyaux, le noyau de J.-J. Thomson qui est une sphère positive électrisée dans sa masse, à l'intérieur de laquelle se meuvent les électrons, et le noyau de Rutherford, beaucoup plus petit et bien séparé des électrons mobiles.

culier, les séries régulières de radiations, émises par un grand nombre de corps et représentées par la formule simple suivante (Balmer et Rydberg)

$$(1) \qquad \nu = \nu_0 \left(\frac{1}{[n+\beta]^2} - \frac{1}{[p+\gamma]^2} \right),$$

ν étant la fréquence de la radiation, ν_0 la constante universelle de Rydberg, β et γ deux constantes inférieures à l'unité, n et p deux nombres entiers dont l'un n est le plus petit et reste constant, alors que l'autre p varie.

L'atome de Ritz, et le second atome de J.-J. Thomson, récemment présenté, expliquent les séries de Balmer avec, il est vrai, plusieurs hypothèses spéciales, et avec l'appoint d'un champ magnétique intérieur très intense (¹).

Puis les magnifiques découvertes des sept dernières années sur la nature et la composition des rayons X ont apporté des données nouvelles de grande valeur. Aux spectres de lignes et de bandes relevés déjà dans les régions lumineuse et ultraviolette sont venus se joindre les spectres de la nouvelle région, qui comprend déjà près de huit octaves. Ces derniers spectres, dits de haute fréquence, n'ont pas montré de séries de Balmer, mais ils sont très simples; ils offrent des raies isolées caractéristiques (raies K, L, M, N, J de Barkla) qui se correspondent dans les corps simples successifs. Moseley, qui les a rapprochées le premier, a indiqué la relation suivante entre leurs fréquences ν et les nombres atomiques N, variables de 1 à 92 :

$$(2) \qquad \nu = \nu_0 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) (N-1)^2$$

pour la raie K_α de $N = 11$ à $N = 70$; et

$$(3) \qquad \nu = \nu_0 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) (N-7{,}4)^2$$

pour la raie L_α de $N = 30$ à $N = 92$, ν_0 étant, comme dans la formule (1), la constante de Rydberg.

Ces relations, simples et remarquables, sont les premières qui unissent directement les vibrations et les nombres atomiques de tous les corps, et elles ont fourni des indications précieuses sur la distribution des électrons

(¹) Il faut citer aussi l'atome de Bohr qui explique les séries de l'hydrogène, mais non celles des autres corps et aussi l'atome de Stanley Allen.

dans tous les atomes. En les présentant, Moseley a signalé, en effet, leur accord très net avec la théorie de Bohr, publiée quelques mois auparavant. Bohr part de l'atome de Rutherford, appelé souvent *atome astronomique*, qui comprend un noyau positif très petit et des anneaux concentriques d'électrons; il admet une émission vibratoire conforme à la théorie des quanta, et à l'intérieur de l'atome des forces nouvelles; en fait, les vérifications impliquées par sa théorie sont excellentes.

La plupart des auteurs ont adopté l'atome et la théorie de Bohr; et, récemment, Vegard, en s'appuyant sur les données précédentes, a présenté une répartition logique des électrons dans les divers atomes, de l'hydrogène à l'uranium; il explique les rayons X caractéristiques, et les variations périodiques des corps simples, suivant la loi de Mendeleef (¹).

II. Les calculs de Vegard donnent avec une certaine précision le diamètre et la composition des anneaux dans le voisinage immédiat du noyau, mais les indications sur les anneaux extérieurs sont insuffisantes. Or, et c'est là le point que je veux spécialement examiner, les spectres de bandes semblent capables de combler la lacune ; car ils dépendent surtout des anneaux extérieurs de l'atome et des conditions spéciales de sa surface ; de toute façon, ils peuvent conduire à des vérifications utiles.

Les spectres de bandes sont émis, en effet, non seulement par les molécules des corps composés, mais aussi certainement par les atomes des corps simples. En général, ils apparaissent avec une faible excitation électrique, et sont remplacés par un spectre de lignes quand l'excitation augmente. Mais, dans les mêmes conditions, quelques-uns d'entre eux subsistent ; et d'ailleurs le rayonnement X, qui correspond aux excitations les plus fortes, comprend à la fois des raies isolées et des bandes ; même, chacune des raies $K\alpha$ ou $L\alpha$ de Barkla est accompagnée d'une bande dégradée vers les courtes longueurs d'onde. J'ai pu examiner ces bandes sur les belles épreuves de rayonnement X obtenues en France par de Broglie, et constater qu'elles ont l'aspect des bandes lumineuses observées avec une faible dispersion (²).

Les spectres de bandes ont été beaucoup moins étudiés que les spectres

---

(¹) Voir *Philosophical Magazine* (Bohr, années 1913, 1914 et 1915; Moseley, 1913 et 1914; Végard, 1918 et 1919 ; J.-J. Thomson, de 1904 à 1919), *Annalen der Physik* (Ritz, 1908).

(²) Il importe de reconnaître si ces bandes de haute fréquence sont divisibles en raies fines et avec la même loi de distribution que les bandes lumineuses.

de lignes, étant plus complexes; quelques-uns ont plus de 100000 vibrations distinctes. Or, de 1885 à 1887, j'ai pu reconnaître leur structure générale et je l'ai représentée par la formule

$$(4) \qquad \nu = f(n^2 p^2) \times m^2 + B \times n^2 + \varphi(p^2),$$

B, α, β étant des constantes, f et φ des fonctions simples, m, n et p les nombres entiers successifs. Les raies et les bandes sont divisibles en séries dont les intervalles sont en progression arithmétique. Les 2[me] et 3[me] termes donnent les raies arêtes de toutes les bandes d'un même spectre; le 1[er] terme donne les raies de chaque bande.

En publiant ces résultats de l'observation, j'ai ajouté les remarques suivantes qui seront utilisées dans le présent Mémoire et que je rappelle brièvement :

a. Les fréquences des raies et bandes sont représentées par des expressions telles que $\nu = K \pm Bn^2$ et elles peuvent être considérées comme la somme ou la différence de deux fréquences émises simultanément; les raies sont assimilables aux sons résultants de Helmholtz. Le terme Bn^2 correspond d'ailleurs à la série des harmoniques d'une verge sonore qui vibre dans le sens transversal, et l'on peut imaginer, par exemple, au centre de l'atome, une verge très petite, assez petite pour donner les fréquences élevées de la vibration lumineuse. J'ai invoqué en fait le principe de combinaison de Ritz, formulé plus tard, en 1908, et que l'on pourrait appeler le principe de Helmholz.

b. Le spectre de bandes entier est comparable à l'ensemble des sons d'un corps solide qui vibre dans toutes les directions de la façon la plus générale. Cette émission sonore a été étudiée par Lamé, qui, pour certains cas simples de la plaque et du prisme rectangles, a trouvé les formules

$$\nu = K\left(\frac{m^2}{a} + \frac{n^2}{b}\right) \quad \text{et} \quad \nu = K\sqrt{\frac{m^2}{a} + \frac{n^2}{b} + \frac{p^2}{c}};$$

a, b, c étant les côtés du rectangle et de la plaque; m, n, p les nombres entiers successifs. La ressemblance avec le spectre de bandes est manifeste; d'ailleurs, tous les problèmes similaires de variations périodiques (vibrations élastiques, électriques, etc.) offrent aussi dans le cas général l'intervention de trois paramètres m, n, p variables et distincts; ces paramètres correspondent aux trois dimensions de l'espace.

D'après la conception ancienne de Lagrange, un corps solide peut être

considéré comme formé de particules soumises à des attractions et répulsions mutuelles; et comme l'atome électrique a justement cette constitution, la comparaison avec un corps solide apparaît plus légitime (¹).

En 1903, j'ai précisé les différences entre les spectres de lignes et de bandes, en montrant que le même atome peut émettre l'un et l'autre spectre; l'atome électrique a été rapproché du cas simple d'un amas sphérique d'étoiles soumises à la seule force de la gravitation. Le spectre de lignes est dû à l'irruption d'un électron dans l'amas et à la perturbation qui en résulte; le spectre de bandes tient aux simples déformations de l'amas ou de l'atome, contre lesquelles il réagit par des oscillations dans tous les sens.

L'année suivante, Nagaoka recherche par l'analyse mathématique les vibrations propres d'un atome électrique appelé *atome saturnien;* car il comprend un seul anneau d'électrons qui tourne autour d'un noyau central positif. La fréquence des vibrations transversales, perpendiculaires à l'anneau, est donnée pour les petites valeurs du nombre entier n par la formule $\nu = K \pm Bn^2$; on a la distribution spéciale aux spectres de bandes.

Les recherches précédentes, qui certes sont à compléter, éclairent dans une certaine mesure la genèse des spectres de bandes (²).

III. Dans un Mémoire récent, J.-J. Thomson proclame la nécessité d'explorer par la voie expérimentale la distribution des électrons dans l'atome. Or tous les spectres doivent concourir à la recherche, les spectres de bandes comme les autres; une théorie complète doit les expliquer tous.

Les données expérimentales doivent être aussi complètes que possible; or la reconnaissance exacte des spectres de bandes est forcément lente, le relevé complet d'un seul spectre étant très long. Les progrès réalisés dans les dernières années sont cependant notables.

En 1902, j'ai annoncé que la fonction $\varphi(p^2)$ de la formule (4) était parfois un polynome du second degré; or, il apparaît aujourd'hui que

---

(¹) Il y a évidemment des points communs, mais aussi des différences; ainsi les particules de l'atome ont un mouvement orbital rapide et sont répartis entre des anneaux ou surfaces qui sont séparés.

(²) Deslandres, *Comptes rendus*, t. 103, 1886, p. 375; t. 104, 1887, p. 972; t. 106, 1888, p. 842; t. 110, 1890, p. 742; t. 113, 1891, p. 307; t. 134, 1902, p. 747; et t. 137, 1903, p. 1013. — Nagaoka, *Philosophical Magazine*, vol. 7, 1904, p. 445.

cette propriété est générale. Les arêtes des bandes, qui forment l'ossature du spectre, exprimées en fréquences, sont données comme il suit par la différence de deux termes qui représentent chacun la somme des termes d'une progression arithmétique :

$$(4) \qquad \nu = \frac{B}{2}(n+\beta)^2 - \frac{C}{2}(p+\gamma)^2 + K,$$

B, C, K, β et γ étant des constantes, n et p étant les nombres entiers successifs; B et C, qui sont les raisons des deux progressions, sont des nombres positifs.

A titre d'exemple, je présente les formules suivantes avec leurs coefficients numériques ([1]).

Premier groupe de l'azote

$$\nu = \frac{29,363}{2}(n+0,5)^2 - \frac{30,319}{2} \times p^2 + 22785,1,$$

n variant de 34 à 48 et p de 53 à 37 (Deslandres, 1902).

Premier groupe du cyanogène

$$\nu = \frac{25,80}{2}(n+0,6)^2 - \frac{25,80}{3}(p+0,8)^2 - 9741$$

n variant de 73 à 79 et p de 66 à 56 (Fowler et Shaw, 1912).

Premier groupe du carbone (Swan)

$$\nu = \frac{23,28}{2}(n+0,83)^2 - \frac{39,2}{2}(p+0,03)^2 + 2407,$$

n variant de 63 à 69 et p de 45 à 53 (Jones et Watts, 1914).

Aluminium

$$\nu = \frac{13,2}{2}(n+0,32)^2 - \frac{7,2}{2}(p+0,34)^2 + 38270,$$

n variant de 65 à 71 et p de 120 à 112 (Deslandres, 1919).

([1]) D'après ces formules, les raisons B et C des deux progressions diminuent lorsque les poids et nombres atomiques augmentent; elles ont peut-être aussi en même temps une autre variation liée aux périodes de Mendéléef.

Les formules de l'aluminium et du plomb ont été calculées d'après les mesures de Lauwartz (1903) et Lamprecht (1911).

Plomb

$$\nu = \frac{3,8}{2}(n+0,29)^2 - \frac{1,13}{2}(p+0,24)^2 + 17576,$$

n variant de 180 à 192 et p de 227 à 214 (Deslandres, 1919).

Il est remarquable que les arêtes des bandes, comme les séries des spectres de lignes L′, soient données par des fonctions simples des nombres entiers, telles que $B(n+\beta)^2$; de plus, avec les spectres de bandes, on a la différence de deux de ces fonctions, et avec les spectres de lignes la différence de leurs inverses. Cette opposition entre les deux types de spectres a été déjà signalée en 1888; elle est ici mieux précisée.

Avec les spectres de bandes, le fait expérimental se présente de la façon suivante : dans un même spectre, les arêtes sont divisibles en séries dont les intervalles sont en progression arithmétique, et ces séries sont superposables; c'est le résultat publié en 1887. De plus, si, dans chaque série, on range les arêtes dans l'ordre des fréquences croissantes, les premiers intervalles sont eux-mêmes croissants et les arêtes sont représentées par la progression B qui est toujours additive. Si, ensuite, on range les séries précédentes aussi dans l'ordre des fréquences croissantes, les premiers intervalles sont au contraire décroissants et, de plus, à peu près en progression arithmétique ; d'où la deuxième progression de raison C, qui est soustractive.

Ces premiers intervalles entre les séries sont parfois moins réguliers que ceux de la progression B et aussi moins nombreux; la raison C est alors déterminée avec une précision moindre; mais, et c'est là le point principal, ces premiers intervalles sont toujours décroissants. J'ai vérifié le fait sur les 15 spectres de bandes à trois paramètres, qui ont été jusqu'ici mesurés avec soin.

Les nombres entiers n et p, dans tous ces spectres, sont grands; ils sont supérieurs à 30, et parfois dépassent 200. Je montrerai que les spectres de bandes avec valeurs plus petites des nombres entiers n et p se trouvent vraisemblablement dans la région infra-rouge, à peine encore explorée.

Finalement, dans l'état actuel des recherches, le spectre de bandes peut être représenté par la formule générale suivante, qui est tout au moins une première approximation, le plus souvent très voisine de la réalité :

$$(5) \qquad \nu = \pm \frac{f(n^2p^2)}{2} \times (m+\alpha)^2 + \frac{B}{2}(n+\beta)^2 - \frac{C}{2}(p+\gamma) \pm K.$$

On a ajouté simplement à la formule (4) le terme en m^2 qui introduit la

troisième progression fondamentale et donne par ses variations la partie dégradée de chaque bande. Le nombre entier m a toutes les valeurs à partir de l'unité, et s'élève parfois jusqu'à 160; quant à la raison $f(n^2p^2)$, elle est variable d'une bande à l'autre et en général très faible, étant de 50 à 200 fois plus petite que les raisons B et C.

IV. Le modèle d'atome adopté doit pouvoir émettre l'amas complexe de vibrations qui est le spectre de bandes. Si l'on considère en particulier l'aluminium, on a non seulement les belles bandes représentées par la formule donnée plus haut, mais un spectre de lignes avec plusieurs séries de Balmer et aussi un spectre de rayonnement X. Il faut pouvoir expliquer ces trois modes vibratoires qui sont différents; ils sont dus, semble-t-il, aux actions plus au moins fortes des ions et électrons qui rencontrent l'atome.

Lorsque l'électron qui arrive est très rapide, il va jusqu'au centre ou noyau de l'atome; il y désorganise l'anneau intérieur le plus voisin du noyau en lui faisant perdre un de ses électrons, et il donne naissance au rayonnement X; moins rapide, il agit de la même manière sur un anneau extérieur et produit le spectre de lignes. Enfin, lorsque la vitesse est encore moindre, l'atome ne perd pas d'électron, il est seulement déformé et en deçà de ce que l'on peut appeler sa limite d'élasticité; il émet alors le spectre de bandes. On conçoit que ce troisième mode vibratoire soit très différent des deux autres, et, de plus, convienne aussi à la molécule qui, plus fragile, ne résisterait pas à des actions plus fortes.

Les électrons, négatifs et positifs, qui constituent l'atome ou la molécule, et avec eux les lignes de force électrique et magnétique qui leur sont attachées, sont déviés de leurs positions d'équilibre; et les vibrations développées sont comparables à celles d'un corps solide ordinaire qui reçoit un coup de marteau léger; d'où l'analogie des formules générales qui les représentent.

Dans la Note suivante, j'exposerai d'autres propriétés des spectres de bandes, et je discuterai l'accord de tous ces faits avec les divers modèles d'atome proposés jusqu'ici.

GÉOLOGIE. — *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires.* Note de M. **Ch. Depéret.**

Avant d'aborder l'étude des régions du Nord de l'Europe, où l'histoire des mers quaternaires se trouve profondément modifiée par l'invasion

répétée des grandes nappes de glace scandinaves, il me paraît nécessaire de prendre un aperçu d'ensemble sur le classement de ces *glaciations* du Nord et sur leur corrélation avec les glaciations contemporaines, si magnifiquement développées autour de la chaîne des Alpes.

Les géologues du Nord de l'Europe ont reconnu quatre périodes principales de progression des glaciers, pour lesquelles le professeur J. Geikie a proposé dès 1895 (*Journal of Geology*, t. 3) les dénominations suivantes, en commençant par la plus ancienne : 1, période *scanienne*; 2, période *saxonienne*; 3, période *polandienne*; 4, période *mecklenbourgienne*. La première glaciation ou *scanienne* est la plus limitée; le glacier a suivi le bassin de la Baltique et s'est étalé seulement sur la Scanie et la plaine allemande jusqu'à Hambourg et Berlin; elle n'atteint pas les Iles-Britanniques. La deuxième glaciation ou *saxonienne* est au contraire la plus étendue : en Angleterre, les nappes de glace écossaise et scandinave fusionnées ont couvert toute la contrée jusqu'au bassin de la Tamise, en y déposant le *Drift ancien* ou *Boulder-clay inférieur;* en Allemagne ses moraines s'arrêtent seulement au pied des montagnes du Harz, de la Bohême et de la Saxe, pour s'étaler à l'Est sur la plaine russe jusque bien au delà de Moscou et rejoindre l'Oural. La troisième glaciation ou *polandienne* est notablement en retrait sur la précédente : le *Drift récent* ou *Boulder-clay supérieur* ne s'étale plus sur les comtés du centre de l'Angleterre (*Midlands*); en Allemagne les moraines terminales restent partout en arrière de celles de la glaciation saxonienne, et en Russie n'atteignent plus Moscou ni l'Oural. Enfin la quatrième glaciation ou *mecklenbourgienne* est bien plus restreinte : dans les Iles-Britanniques, il n'y a plus que des glaciers locaux dans les vallées divergentes des Highlands et des Grampians; et le glacier scandinave s'arrête au Danemark et à la région littorale de la plaine allemande (*moraines baltiques*).

Dans les Alpes, Penck et Brückner, dans leur grand Ouvrage *Die Alpen in Eiszeitalter*, 1909, ont également reconnu *quatre périodes glaciaires*, auxquelles ils ont appliqué les noms devenus classiques de glaciations *günzienne*, *mindélienne*, *rissienne* et *würmienne*.

La glaciation *günzienne* est la plus ancienne et la moins étendue; ses moraines frontales ne sortent qu'en de rares points hors du débouché des vallées alpines. Mais, entre les glaciations *mindélienne* et *rissienne*, il existe, d'après les auteurs, une divergence d'extension bien curieuse : dans la moitié Est des Alpes jusqu'aux lisières du Würtemberg (vallée de la Riss), les moraines terminales *mindéliennes* dépassent largement partout le

front des moraines *rissiennes*. A l'ouest de cette limite, les moraines *mindéliennes* sont au contraire chevauchées par les moraines *rissiennes* qui occupent le front le plus externe sur le haut Danube et dans le bassin du Rhin, ainsi que, d'après Penck, dans toutes les Alpes occidentales. Quant à la glaciation *würmienne*, elle est partout nettement en retrait sur les deux glaciations précédentes.

Cette divergence d'extension des moraines *mindéliennes* et *rissiennes* à l'est et à l'ouest de la chaîne alpine (que l'auteur cherche à expliquer par un invraisemblable mouvement du sol) a été et est encore la cause principale des difficultés qui se présentent pour établir la corrélation précise des glaciations du Nord et de celles de la chaîne alpine.

J. Geikie avait d'abord admis (*The great Ice age*, 1894) que le maximum d'extension des glaciers britanniques (*Drift ancien* ou *Saxonien*) répondait au maximum d'extension des glaciers alpins, représenté par les moraines les plus externes; celles-ci étant alors rapportées à une seule glaciation que Penck a désignée plus tard sous le nom de période *rissienne*. Cette interprétation avait été admise par l'unanimité des géologues jusque dans les ouvrages les plus modernes.

Mais en 1914, J. Geikie (*The antiquity of man in Europe*), revenant sur sa première opinion, sans d'ailleurs apporter de preuves bien décisives en faveur de ce revirement, attribue le Drift ancien d'Angleterre non plus à la glaciation *rissienne*, mais à la glaciation *mindélienne*, c'est-à-dire au maximum d'extension glaciaire dans les Alpes orientales. Comme conséquence, le Drift supérieur ou *polonien* (*olim* Polandien) des Iles-Britanniques ne représente plus le *Würmien*, comme on l'avait d'abord admis, mais la glaciation *rissienne*.

Depuis longtemps, j'avais moi-même conçu des doutes sur la réalité de l'âge *rissien*, attribué par Penck et Brückner à la glaciation la plus externe des Alpes occidentales. Déjà, en 1913, en reprenant l'étude des fronts terminaux du glacier du Rhône, aux environs de Lyon, pour la révision de la carte au 80000e, j'avais été amené à y reconnaître (*Comptes rendus*, t. 157, p. 522 et 564) entre les deux glaciations externe et interne (dites jusqu'ici *rissienne* et *würmienne*) une glaciation intermédiaire à laquelle je donnais le nom provisoire de glaciation *néorissienne*. Mais j'arrivais surtout à établir à cette occasion une relation constante entre les moraines frontales de chaque glaciation et l'altitude relative des terrasses fluviales qui en émanent : les moraines externes se rattachent à des terrasses de 55^{m}-60^{m}; les moraines intermédiaires, aux terrasses de 30^{m}; les moraines internes,

aux terrasses de 18^m-20^m. A chaque glaciation correspond donc une valeur différente du creusement de la vallée des grands cours d'eau issus de ces glaciers.

Depuis ma première Note, j'ai eu l'occasion d'étendre ces mêmes conclusions, avec des valeurs relatives identiques, aux anciens glaciers de la Durance, et, fait plus intéressant encore, aux glaciations de plusieurs vallées de la chaîne des Pyrénées, c'est-à-dire du versant atlantique. Je puis donc, aujourd'hui, formuler la relation dont il s'agit comme une véritable *loi générale* applicable aux glaciers des vallées atlantiques et méditerranéennes, et aussi, comme j'espère le montrer dans la suite de ce travail, aux grands glaciers du nord de l'Europe.

J'étais ainsi en possession d'une méthode nouvelle et précise de détermination comparée des glaciers quaternaires par l'altitude de la terrasse fluviale correspondante, méthode qui a échappé à MM. Penck et Brückner dans leur magnifique ouvrage sur les glaciations des Alpes. Mais en tenant compte des chiffres d'altitude relative des terrasses, notés malheureusement en trop petit nombre par ces géologues (1), j'ai pu arriver à reconnaître, pour les Alpes orientales et centrales, que :

1. Les moraines frontales *würmiennes* sont en relation constante avec une *basse terrasse* dépourvue de lœss (*Niederterrasse* de Penck), dont l'altitude au-dessus des thalwegs des *grands cours d'eau* se maintient généralement entre 15^m et 20^m;

2. Les moraines frontales *rissiennes* se continuent par des terrasses (*Hochterrasse* de Penck) qui dominent d'une vingtaine de mètres la terrasse *würmienne* et atteignent en conséquence l'altitude relative de 30^m-35^m;

3. Les moraines terminales *mindéliennes* de l'est des Alpes donnent des terrasses (*jüngerer Deckenschotter* de Penck), de 20^m-25^m plus élevées que la terrasse *rissienne*, c'est-à-dire d'une altitude relative comprise entre 50^m et 60^m;

(1) J'ai dû laisser de côté, dans ce relevé, les chiffres d'altitude relative donnés par Penck et Brückner pour les régions voisines des fronts glaciaires, parce que les *cônes de transition fluvio-glaciaires* ont des pentes *torrentielles* très fortes et que l'équidistance des terrasses n'y existe plus, par suite de la position du front glaciaire, différente pour chacune des glaciations. Seuls sont utilisables les chiffres relevés dans les parties des grands cours d'eau périalpins, suffisamment éloignées des fronts glaciaires.

4. Enfin les moraines *günziennes*, d'ailleurs peu fréquentes, donnent naissance à une terrasse (*älterer Deckenschotter* de Penck) dont l'altitude relative atteint, dans les cas les plus fréquents, 90^m-100^m au-dessus des fleuves actuels. Il me paraît d'ailleurs probable que des niveaux d'alluvion encore plus anciens ont été confondus par Penck et Brückner dans cet *ancien Deckenschotter*.

La comparaison de ces altitudes avec celles des trois terrasses fluvio-glaciaires du bassin du Rhône conduit aux conclusions suivantes, dont l'importance ne saurait échapper : la glaciation externe de la région de Lyon, avec ses terrasses de 55^m-60^m, n'est pas la glaciation *rissienne*, comme on l'a cru jusqu'ici, mais la glaciation *mindélienne*; la glaciation intermédiaire (*néorissienne* Depéret) répond aux terrasses de 30^m, soit au véritable *rissien* ; enfin la glaciation interne est bien la glaciation *würmienne*, comme le démontre l'altitude de 15^m-20^m des terrasses qui s'y rattachent.

Ainsi le maximum d'extension des glaciers alpins à la fois dans les Alpes orientales et dans les Alpes françaises correspond à la glaciation *mindélienne* et non à la glaciation *rissienne*. C'est seulement dans la partie centrale des Alpes (glacier du Rhin) que les glaciers *rissiens* semblent avoir dépassé au Nord le maximum *mindélien*. Et encore est-il nécessaire de faire des réserves sur ce point. Brückner écrit en effet (¹) :

« Que la limite extrême des moraines anciennes appartienne à la glaciation *rissienne* dans toutes les parties de notre région (bassin du Rhin) ou que, sur quelques points, elle soit *dépassée par la glaciation mindélienne*, est une question qui doit rester en suspens, par suite de l'absence de connexion de ces moraines avec des graviers d'un âge bien déterminé. »

Peut-être y aurait-il lieu de reprendre l'étude du glacier rhénan à la lumière des méthodes nouvelles que je viens d'indiquer.

Conclusions. — Revenons maintenant à la comparaison des glaciations alpines avec les grandes glaciations du Nord. Il paraîtra tout naturel d'admettre que le maximum d'extension des glaciers alpins (*Mindélien*) coïncide avec le maximum d'avancée des glaciers scandinaves (*Drift ancien* ou *Saxonien*). Dès lors le Rissien des Alpes correspond au *Drift récent* ou *Polonien* des plaines du nord de l'Angleterre, et il nous faudra trouver l'équivalent du *Würmien* dans les *glaciers locaux* de l'Ecosse et dans les

(¹) *Die Alpen im Eiszeitalter*, t. 2, p. 489.

moraines baltiques (Mecklenbourgien). Enfin il semblera logique de voir dans la glaciation *scanienne* le pendant du *Günzien* des Alpes.

J'aboutis ainsi à un Tableau de parallélisme conforme aux idées admises par J. Geikie en 1914, en les complétant par l'introduction des altitudes relatives des terrasses fluviales correspondant à chaque glaciation.

	Nord de l'Europe (J. Geikie).	Alpes (A. Penck).	Terrasses fluviales équivalentes (C. Depéret).
Quatrième glaciation....	*Mecklenbourgien*	*Würmien*	Terrasse de 18^{m}-20^{m}
Troisième »	*Polonien*	*Rissien*	» de 30-35
Deuxième »	*Saxonien*	*Mindélien*	» de 55-60
Première »	*Scanien*	*Günzien*	» de 90-100

Il me restera à montrer que les lignes de rivage quaternaires du nord de l'Europe sont en parfaite harmonie avec ce classement des périodes glaciaires et des terrasses fluviales.

GÉOGRAPHIE ET NAVIGATION. — *Les voies navigables d'Alsace et de Lorraine : leur rôle et leur avenir.* Note (1) de M. **Ed. Imbeaux.**

J'ai l'honneur — et la joie patriotique — de présenter à l'Académie une Note, malheureusement trop résumée, sur la situation actuelle du réseau des voies navigables de l'Alsace et de la Lorraine, le rôle qu'il joue et devrait jouer, ainsi que sur les transformations importantes qu'il aura à subir dans l'avenir pour bien desservir les besoins industriels des deux provinces.

Denrées à transporter. — L'importance économique du sujet résulte de la richesse même de leur industrie, laquelle comprend :

1° *Combustibles :* Bassin houiller de la Sarre, produisant annuellement 17 millions de tonnes de charbon, et son prolongement éventuel vers Pont-à-Mousson;

Bassin pétrolifère de Pechelbronn (30000^{t} de pétrole par an).

2° *Minerai de fer :* Bassin métallurgique lorrain (y compris une faible partie belge et luxembourgeoise), ayant produit en 1913, le chiffre énorme

(1) Séance du 28 avril 1919.

de 48171000^{t} de minerai, dont environ 18 millions de tonnes ont été exportées (principalement en Westphalie); le reste, traité sur place, a exigé l'apport d'environ 15 millions de tonnes de coke ou fines à coke (provenant presque entièrement de la Westphalie) et a donné 10111000^{t} de fonte brute (5978000^{t} d'acier).

3° *Potasse et sels de potasse :* Bassin potassique des environs de Mulhouse, contenant 323 millions de tonnes de potasse pure. En 1913, on a extrait 40170^{t} de potasse pure, mais on prévoit un accroissement très rapide.

4° *Soude et sels de soude :* Nombreuses soudières et salines de Lorraine, produisant annuellement environ 360000^{t} de sel brut et raffiné, et 525000^{t} de sel transformé en soude et carbonate de soude.

5° *Chaux et ciments, grès, calcaires, etc. :* Nombreuses usines de chaux et ciments; nombreuses carrières de pierres; tuileries, briqueteries, faïenceries, etc.

6° *Autres industries :* Tissages et filatures d'Alsace et des Vosges (exigeant l'apport des cotons d'Amérique); blés venant par le Rhin; vins du Midi; bois des Vosges et de la Forêt Noire, etc.

Situation du réseau des voies navigables. — Le réseau des voies navigables d'Alsace et de Lorraine qui vient d'être, pour la partie autrefois annexée, rattaché au réseau français, comporte :

1° Des fleuves et rivières, canalisées ou à l'état naturel, savoir :

Le Rhin, la Moselle, la Sarre, la Bruche et l'Ill;

Malheureusement, ces cours d'eau ne sont pas partout en état de navigabilité. Ainsi, le Rhin n'est navigable qu'à l'aval de Strasbourg, et même, de Strasbourg à Spire, le tirant d'eau descend encore souvent, en basses eaux, c'est-à-dire en hiver, à 1^{m},40 : ce n'est qu'à l'aval de Spire qu'on est assuré d'avoir toujours 2^{m}, et à l'aval de Cologne 3^{m}. A l'amont de Strasbourg, on n'a, une partie de l'année, que 0^{m},70 de hauteur d'eau, et les efforts pour faire de Bâle un port important ont échoué jusqu'ici. Le régime du Rhin alsacien est essentiellement glaciaire, c'est-à-dire que les basses eaux ont lieu de novembre à avril, et les hautes eaux, de mai à août, correspondant à la fonte des neiges; ce n'est qu'à l'aval de Bingen que, grâce aux apports des grands affluents (non glaciaires), le caractère change, pour disparaître totalement à l'aval de Cologne [1].

---

[1] Ainsi les crues sur le Rhin supérieur se voient surtout de mai à novembre, tandis que l'eau ne dépasse que très rarement 6^{m} à Cologne pendant cette période. L'annonce

La Moselle et la Sarre ne sont canalisées, et seulement pour péniches, que dans la partie amont de leur cours : la Moselle jusqu'à Metz seulement, et la Sarre jusqu'à Ensdorf, près Sarrelouis. La Moselle, de Metz à Perl (limite de Lorraine) n'a que $0^m,45$ de tirant d'eau en basses eaux; puis elle a $0^m,70$ de Perl à Trèves et $0^m,90$ de Trèves à Coblence. La Sarre, elle, n'a que $0^m,50$ entre Ensdorf et le confluent à Conz. Ces deux rivières, n'ayant pas de glaciers dans leurs bassins, ont un régime tout différent du Rhin alsacien : les crues ne se produisent guère que d'octobre à avril.

2° Des canaux ou voies artificielles, savoir :

Le canal de la Marne au Rhin, qui a partout un tirant d'eau de 2^m et des écluses de $38^m,50$; le canal des Houillères de la Sarre (auquel fait suite la Sarre canalisée), qui est dans les mêmes conditions de navigabilité, et le canal du Rhône au Rhin (avec ses embranchements de Huningue, de Brisach et de Colmar), qui n'est praticable pour les péniches qu'entre Strasbourg et Mulhouse.

De grands ports fort bien outillés existent à Lauterbourg, à Strasbourg, Mulhouse, Colmar, Sarrebrück, Sarralbe, etc.

Mais sauf le Rhin, qui admet, et jusqu'à Strasbourg seulement, des bateaux de 75^m, 11^m, 2^m, les voies navigables en question constituent un réseau de *navigation ordinaire*, c'est-à-dire accessible pour la péniche flamande (280^t à 300^t), réseau qu'on est décidé à compléter en mettant très prochainement le canal du Rhône au Rhin à l'amont de Mulhouse au gabarit voulu.

Insuffisance du réseau. — Dans ces conditions, le réseau ci-dessus décrit présente pour le rôle qu'il a à remplir les grandes défectuosités suivantes :

1° Il est mal outillé : ainsi, même en s'en tenant à la péniche flamande, il n'y a de traction mécanique dans toute la région de l'Est que sur les 7^{km} du tunnel de Mauvages (toueur à vapeur) et sur les 5^{km} du tunnel de Foug et abords [système de halage électrique funiculaire, qui a été appliqué en 1916 et fonctionne bien ([1])].

2° Son développement est très insuffisant : ainsi les voies navigables ne

---

et la prévision des crues sur le cours moyen et inférieur du fleuve constituent un problème fort complexe et même mal résolu (par suite de ces influences contraires et variables). Le problème est plus facile pour le Rhin alsacien, où l'influence glaciaire prédomine.

([1]) Voir ma Communication à l'Académie (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 461).

desservent pas les bassins métallurgiques de Thionville, Briey, Aumetz, Longwy, Villerupt, Luxembourg, ni le bassin salicole de Dieuze et Château-Salins.

3° Il emploie des bateaux trop petits : le prix du fret diminue, en effet, quand, au lieu de la péniche, on emploie des bateaux plus grands, ceux de 600^t ($65^m \times 8^m \times 1^m,75$) ou mieux ceux de 1200^t du type Rhin ($75^m \times 11^m \times 2^m$). Ceci soulève la question de création d'un *réseau de grande navigation*, qui sortirait d'ailleurs de nos deux provinces et s'étendrait à tout l'est et à tout le nord de la France, aux Pays-Bas et aux Pays Rhénans, et même se relierait à la Suisse, au Rhône (par le Rhône au Rhin transformé) et même à la Seine [par le canal de Bourgogne transformé ([1])].

Forces motrices hydrauliques. — Pour le Rhin notamment, la question d'utilisation des forces hydrauliques est liée à celle de la navigation. De Bâle à Strasbourg seulement, soit sur 127^{km}, la chute totale étant de $109^m,43$ (dont $51^m,41$ entre Bâle et Brisach pour 58^{km}), on peut mettre en œuvre :

1° En basses eaux, soit $\frac{1}{3}$ de l'année, avec un débit de 400^{m^3} par seconde (dont 50^{m^3} à laisser dans le lit du Rhin) une puissance de 383000 poncelets;

2° En eaux moyennes, soit les $\frac{2}{3}$ de l'année, avec un débit de 800^{m^3}, une puissance de 820725 poncelets.

Il importe que le Traité de paix assure à la France la libre disposition de ces forces (le pays de Bade sur la rive droite ayant déjà à sa disposition les importantes forces hydrauliques de la Forêt Noire et par moitié celles du Rhin dans la section de Constance à Bâle).

Amélioration et extension du réseau. — En conséquence, il convient, outre la mise au gabarit de la péniche flamande déjà décidée pour le canal du Rhône au Rhin et l'embranchement de Huningue :

1° De réaliser au plus tôt un meilleur outillage des voies existantes, c'est-à-dire selon nous l'électrification de tout le canal de la Marne au Rhin et du canal latéral à la Marne, ainsi que du canal des houillères de la Sarre;

2° D'envisager la création de voies de grande navigation, c'est-à-dire admettant soit les bateaux de 1200^t (type Rhin), soit tout au moins ceux de 600^t, savoir :

([1]) Voir sur ce sujet mon rapport au Congrès du Génie civil, Paris, 1918.

a. Mise en état de navigabilité plus complète du Rhin entre Strasbourg et Spire pour y assurer en tout temps un tirant d'eau de 2^m;

b. Création d'un *grand canal* de navigation et de force motrice dit *grand canal d'Alsace* entre Bâle et Strasbourg sur la rive gauche, canal qui mettra en valeur les forces hydrauliques du fleuve en basses eaux et en eaux moyennes et assurera ces forces à la France;

c. Canalisation de la Moselle et de la Basse-Meurthe (jusqu'à Dombasle) pour bateaux d'au moins 600^t, afin de desservir les bassins métallurgiques et salicoles lorrains, ainsi que création des canaux annexes (canaux du Luxembourg et de la Chiers, canal de l'Orne et canal de la Fentsch);

d. Canalisation de la Sarre, également pour les bateaux d'au moins 600^t, à l'aval de Sarrebrück jusqu'à la Moselle;

e. Enfin création d'une voie de grande navigation pour relier le grand canal d'Alsace (Rhin) au sud de Mulhouse à la Saône et au Rhône, et par suite la mer du Nord à la Méditerranée, et éventuellement transformation du canal de Bourgogne pour relier le Rhin et le Rhône à l'Yonne et à la Seine.

J'ajouterai que si la France veut avoir, et il le faut, influence et prépondérance dans la navigation du Rhin, il est nécessaire :

1° Que dans la future Commission du Rhin (1) la majorité soit assurée aux Alliés;

2° Que la France ou les Sociétés de navigation françaises possèdent une bonne partie de la flotte qui dessert cette navigation, flotte qui jusqu'ici était exclusivement allemande et hollandaise (2).

---

(1) On sait que de par le Traité de Vienne (1815), la navigation sur le Rhin est *internationale*. Elle est administrée par une Commission centrale qui siégeait par intermittences à Mannheim et appliquait le « Revidierte Rheinschiffahrtsakte » de 1868.

(2) Sans parler des petits propriétaires de bateaux, la flotte allemande sur le Rhin comptait dernièrement 2 firmes avec 50 vapeurs pour voyageurs, et 28 firmes pour transport de marchandises avec 305 remorqueurs et 86 autoporteurs (ensemble 170000 chevaux), et plus de 1500 chalands d'une capacité supérieure à 1600000^t.

En présentant à l'Académie la traduction française qu'il vient de faire d'une étude de Sir **J.-J. Thomson** sur *La Théorie Atomique*, M. **Charles Moureu** s'exprime en ces termes :

L'Hypothèse atomique est probablement l'instrument de travail le plus universellement fécond et le plus puissant que la spéculation théorique ait jamais produite. En donnant une image objective des phénomènes chimiques, elle permet, en général, de les interpréter aisément et de les prévoir. Grâce à elle, il est possible de représenter les propriétés des corps composés par des formules de constitution schématisant la disposition des atomes à l'intérieur de la molécule, et la Chimie Organique, à elle seule, est parvenue à établir l'architecture d'au moins 100000 substances. Grâce à elle également, on peut concevoir des corps différents en nombre indéfini, et l'on ne compte plus, aujourd'hui, les découvertes issues de ce travail préalable de l'imagination. Grâce à elle, enfin, la vieille Chimie, aride et presque exclusivement empirique, est devenue une Science où le raisonnement, combiné avec l'observation expérimentale, réserve au chercheur, sans parler des profits matériels possibles, les plus nobles jouissances de l'esprit.

Si la Théorie atomique fut, à ses débuts, l'objet de vives attaques et dut soutenir des luttes célèbres, où se rencontrèrent toutes les illustrations de la Science, elle triomphe aujourd'hui dans une véritable apothéose. Non seulement elle est partout admise et enseignée, mais personne ne conteste plus l'existence même des molécules et des atomes. Que dis-je! on les voit, on les compte, on les pèse, on en mesure les dimensions et l'on en suit tous les mouvements. Bien plus encore, la discontinuité de la matière ne s'arrête pas aux molécules et aux atomes : l'atome lui-même, avec ses électrons et ses autres éléments constitutifs, est tout un monde.

Dans une étude magistrale, notre illustre correspondant de Cambridge, Sir J.-J. Thomson, a résumé nos connaissances essentielles et nos vues actuelles sur ce problème éminemment suggessif de la structure des atomes, qu'il a tant éclairée par de brillantes recherches personnelles.

L'intérêt en est passionnant. Jeter un simple coup d'œil sur ces pages, c'est être assuré, pour tout esprit curieux des mystères de la Nature, qu'on les lira avec avidité et sans arrêt jusqu'à la fin. Je ne résisterai pas, quant à moi, au désir immédiat que j'éprouvai d'en faire une traduction pour mes compatriotes Physiciens ou Chimistes.

L'autorisation ayant été donnée de fort bonne grâce par l'auteur, sous réserve, après accord entre nous et avec les éditeurs, que les bénéfices de l'opération iraient à la Croix-Rouge Belge, voici cette traduction, opuscule de 57 pages, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Je ne saurai mieux faire, pour donner un aperçu de la nature des questions envisagées et de la profonde originalité des recherches auxquelles leur étude a conduit, que d'en reproduire ici les remarquables conclusions générales :

« Quoique nos connaissances sur l'atome ne soient qu'une minime partie de ce qui reste à apprendre, quelques conclusions essentielles concernant les atomes ont été établies sur ce qui paraît être l'évidence même au cours des toutes dernières années. Nous savons, notamment, que les atomes *existent* réellement, que les atomes d'un élément déterminé sont tous de même nature, que les atomes des différents éléments contiennent un constituant commun, le corpuscule ou électron, sur lequel nous savons beaucoup de choses; nous connaissons également le nombre d'électrons contenus dans un atome. Nous avons de fortes preuves que les électrons dans l'atome sont divisés en groupes, et que quelques propriétés de l'atome, celles que nous rattachons au groupe le plus profond, sont en relation très simple avec le nombre total d'électrons dans l'atome; qu'il y a d'autres propriétés, tout particulièrement les propriétés chimiques, qui varient périodiquement avec le poids atomique de l'élément, et qui dépendent des électrons situés à la surface de l'atome. Nous avons également la preuve que les atomes des différents éléments sont formés de systèmes plus simples, et que des modifications considérables dans la masse ont accompagné l'agrégation de ces systèmes. Nous savons, enfin, qu'il y a dans l'atome des régions, probablement les plus intéressantes de toutes, sur lesquelles nos connaissances sont minimes ou nulles, dont l'étude réserve une tâche hautement captivante à de nombreuses générations de Physiciens, qui n'auront assurément pas à « déplorer qu'il n'y ait plus rien de merveilleux à attendre ». Aucun fait nouveau relatif à l'atome ne saurait être banal, et il ne peut manquer d'accélérer les progrès de la Science physique, car la Philosophie naturelle n'est, en majeure partie, que la conséquence de la structure et du mécanisme de l'atome. »

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le *Rapport général sur l'industrie française, sa situation, son avenir*, rédigé par M. Léon Guillet. Première Partie. Chapitre I. (Présenté par M. A. Haller.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des polynomes électro-sphériques* (¹). Note de M. **Defourneaux**, présentée par M. G. Humbert.

I. Dans certaines questions d'électricité d'ordre pratique, telles que le calcul de la densité électrique en chaque point du système électrisé plan-sphère, pour conduire rapidement les opérations, on doit utiliser, en même temps que les polynomes U, certaines de leurs combinaisons linéaires, telles que

$$H_n(v) = U_n(v) - U_{n-2}(v); \quad F_n(v) = U_n(v) + U_{n-1}(v);$$
$$G_n(v) = U_n(v) - U_{n-1}(v).$$

Ces polynomes, H, F, G, satisfont à la même loi de récurrence que les polynomes U, à savoir

$$U_{n+1}(v) = vU_n(v) - U_{n-1}(v).$$

Les relations

$$U_n(-v) = (-1)^n U_n(v); \quad H_n(-v) = (-1)^n H_n(v); \quad F_n(-v) = (-1)^n G_n(v)$$

permettent, dans l'étude de ces polynomes, de se borner au cas de v positif. La définition des U_n, ..., G_n étant étendue au cas de n négatif, on établit

(¹) A. Guillet et M. Aubert, *Théorie et mode d'emploi d'un nouvel électromètre absolu* (*Journal de Physique*, 1912, p. 990). Voir aussi *Annales de Physique*, 9ᵉ série, p. 58 à 95.

facilement les égalités

$$U_{-n-1}(v) = -U_{n-1}(v); \quad H_{-n}(v) = H_n(v); \quad F_{-n}(v) = -F_{n-1}(v);$$
$$G_{-n}(v) = G_{n-1}(v);$$

vraies pour n positif, nul ou négatif. En particulier $U_{-1}(v) = 0$.

Parmi les nombreuses identités auxquelles conduisent ces polynomes, il convient de citer les suivantes :

$$H_n^2(v) - (v^2 - 4)\,U_{n-1}^2(v) = 4; \qquad H_n^2(v) - v\,H_n(v)\,H_{n-1}(v) + H_{n-1}^2(v) = 4 - v^2;$$
$$(v+2)\,F_n^2(v) - (v-2)\,G_n^2(v) = 4; \qquad F_n^2(v) - v\,F_n(v)\,F_{n-1}(v) + F_{n-1}^2(v) = 2 + v;$$
$$U_n^2(v) - v\,U_n(v)\,U_{n-1}(v) + U_{n-1}^2(v) = 1; \qquad G_n^2(v) - v\,G_n(v)\,G_{n-1}(v) + G_{n-1}^2(v) = 2 - v;$$

qui mettent en évidence des solutions en nombres entiers de quelques équations de la forme

$$ax^2 + bxy + cy^2 = m.$$

II. On peut relier ces polynomes à des polynomes connus à l'aide de l'identité suivante, qu'on démontre de proche en proche,

$$(1) \qquad \left(\frac{v}{2} + \sqrt{\frac{v^2}{4} - 1}\right)^n = \frac{1}{2}H_n(v) + \sqrt{\frac{v^2}{4} - 1}\,U_{n-1}(v);$$

on peut l'écrire

$$(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1})^n = \frac{1}{2}H_n(2\alpha) + \sqrt{\alpha^2 - 1}\,U_{n-1}(2\alpha).$$

Soit alors une *équation de Pell* $X^2 - DY^2 = 1$, admettant (α, β) comme solution fondamentale; on en conclut $\sqrt{\alpha^2 - 1} = \beta\sqrt{D}$, et la relation précédente donne dès lors, pour toute solution positive, X, Y, de l'équation de Pell, l'expression

$$X = \frac{1}{2}H_n(2\alpha); \qquad Y = \beta\,U_{n-1}(2\alpha).$$

L'identité (1) conduit à beaucoup d'autres; celles-ci, par exemple :

$$H_{np}(v) = H_p[H_n(v)], \qquad U_{np-1}(v) = U_{n-1}(v)\,U_{p-1}[H_n(v)], \qquad \ldots,$$
$$H_{n(2p+1)}(v) = H_n(v)\,G_p[H_n(v)], \qquad U_{n(2p+1)-1}(v) = U_{n-1}(v)\,F_p[H_{2n}(v)], \qquad \ldots,$$

qui donnent des conséquences relatives à la divisibilité des polynomes électrosphériques entre eux.

Enfin, le changement de variable $v = 2\cos\varphi$ permet d'écrire

$$U_n(v) = \frac{\sin(n+1)\varphi}{\sin\varphi}; \qquad H_n(v) = 2\cos n\varphi;$$

$$F_n(v) = \frac{\sin(2n+1)\frac{\varphi}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}}; \qquad G_n(v) = \frac{\cos(2n+1)\frac{\varphi}{2}}{\cos\frac{\varphi}{2}}.$$

Il ramène donc à des fonctions classiques, bien connues, les polynomes électrosphériques, et met en évidence leurs racines.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions uniformes à point singulier essentiel isolé*. Note de M. **Gaston Julia**.

Dans une Note récente [1] j'ai donné des propriétés générales des fonctions méromorphes moyennant l'hypothèse que *sur un certain chemin allant à l'infini, la fonction tende vers une limite déterminée* ω. Le raisonnement fait s'applique sans aucun changement à toute fonction uniforme admettant un point singulier essentiel isolé [2] (supposé à l'infini) moyennant la même hypothèse.

I. *Cette hypothèse est indispensable à l'exactitude du résultat énoncé.* On peut, en effet, donner des exemples simples de fonctions uniformes, admettant un point singulier essentiel isolé à l'infini, ne tendant vers une limite sur aucun chemin tendant vers le point singulier, et pour lesquelles existe un nombre $q(|q|>1)$ tel que la suite des fonctions $f_n(z) = f(q^n z)$ soit normale *en tout point voisin du point singulier, excepté, bien entendu, en ce point lui-même*.

Les plus simples des fonctions sans valeurs asymptotiques sont les fonctions elliptiques. Soit $\varphi(Z)$ une fonction elliptique aux périodes $2\pi i$, $a[R(a)>0]$, En posant $Z = \log z$, il vient $\varphi(\log z) = f(z)$ et $f(z)$ est une fonction uniforme dans tout le plan des z, méromorphe dans tout le plan, sauf aux deux points singuliers essentiels isolés 0 et ∞. Sur aucun chemin tendant vers zéro ou vers l'infini $f(z)$ ne peut tendre vers une limite déter-

---

(1) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 718, paragraphe II.

(2) Qui peut être limite de pôles.

minée. Enfin la période a de $\varphi(Z)$ entraîne la relation

$$f(z e^a) = f(z), \qquad e^a = q, \qquad |q| > 1,$$
$$f(qz) = f(z),$$

et il est bien clair que dans toute aire finie du plan des z, ne contenant pas l'origine, la suite des $f_n(z) = f(q^n z)$ est normale.

L'existence de valeurs asymptotiques apporte, on le voit, un élément d'information utile pour la connaissance des propriétés d'une fonction. Je montrerai dans une autre publication les services qu'on en peut tirer dans d'autres cas.

II. Mais en admettant l'existence d'une valeur asymptotique ω, j'ai montré dans la Note citée au début que, quel que soit le nombre $q(|q| > 1)$, on pouvait trouver un ensemble de points $\mathcal{E}_q$, tel que, z_0 étant un quelconque de ces points et $\mathcal{D}_0$ une aire arbitrairement petite qui entoure z_0, la fonction $f(z)$ prenne dans l'ensemble des aires $\mathcal{D}_0$, $\mathcal{D}_0 q$, $\mathcal{D}_0 q^2$, ..., $\mathcal{D}_0 q^n$, ... toute valeur complexe finie ou infinie, sauf peut-être deux au plus. Dans le cas où $f(z)$ admet une valeur exceptionnelle (qui est l'∞ pour les fonctions entières générales), cet ensemble $\mathcal{E}_q$ est parfait. Si $f(z)$ n'admet aucune valeur exceptionnelle, $\mathcal{E}_q$ est fermé, mais peut n'être pas parfait : voici l'exemple d'une fonction méromorphe pour laquelle l'ensemble fermé $\mathcal{E}_q$ est formé de *points isolés*, excepté les points limites o et ∞; une telle fonction ne peut avoir de valeur exceptionnelle.

q étant un nombre réel > 1, on prendra

$$f(z) = \frac{1}{1-z} + \frac{1}{q-z} + \ldots + \frac{1}{q^n - z} + \ldots,$$

la série étant uniformément convergente dans toute aire Δ, finie, du plan z qui ne contient aucun des pôles q^k. On vérifie que

$$f_n(z) = f(q^n z) = \frac{f(z)}{q^n} + \frac{1}{1-q^n z} + \frac{1}{q}\frac{1}{1-q^{n-1}z} + \ldots + \frac{1}{q^{n-1}}\frac{1}{1-qz},$$
$$f_n(z) = \frac{f(z)}{q^n} + \varphi_n(z).$$

Dans toute aire Δ ne contenant aucun des points q^k et $\frac{1}{q^k}$ $(k = 0, 1, \ldots, \infty)$, $\varphi_n(z)$ tend uniformément vers zéro quand n grandit indéfiniment. En effet,

de l'inégalité

$$\left|\frac{1}{q^k}\,\frac{1}{1-q^{n-k}z}\right| < \left|\frac{1}{1-q^{n-k}z}\right|$$

résulte, la série $\sum\left|\frac{1}{1-q^i z}\right|$ étant uniformément convergente dans Δ, qu'on a, pour p choisi assez grand, et quel que soit $n > p$,

$$\sum_{k=n-p}^{n-1}\left|\frac{1}{q^k}\,\frac{1}{1-q^{n-k}z}\right| < \varepsilon,$$

ε étant choisi à l'avance arbitrairement petit.

Puis, p étant fixe, on peut choisir n assez grand pour que

$$\left|\frac{1}{1-q^n z}+\frac{1}{q}\,\frac{1}{1-q^{n-1}z}+\ldots+\frac{1}{q^{n-p-1}}\,\frac{1}{1-q^{p+1}z}\right| < \varepsilon,$$

ce qui entraîne

$$|\varphi_n(z)| < 2\varepsilon.$$

Dans toute aire Δ ne contenant aucun des points $q^{\pm k}$, $f_n(z)$ tend donc uniformément vers zéro avec $\frac{1}{n}$. Sur l'axe réel négatif [1], $f(z)$ tend vers zéro.

L'ensemble $\mathcal{E}_q$ ne se compose évidemment que des points isolés $q^{\pm k}$ et de leurs points limites 0 et ∞; c'est un ensemble fermé, non parfait. Dans les aires ω_0, $\omega_0 q$, $\omega_0 q^2$, ..., ω_0 étant une aire arbitrairement petite entourant un quelconque des points $q^{\pm k}$, $f(z)$ prend (une infinité de fois) toute valeur finie ou infinie, sans aucune exception.

On peut généraliser sans peine cet exemple de multiple façon en considérant des séries $\sum\frac{A_n}{a_n - z}$, souvent étudiées par les géomètres, notamment M. Borel.

---

(1) Et sur tout rayon distinct de l'axe réel positif.

POUSSÉE DES TERRES. — *Sur certaines solutions particulières du problème de l'état ébouleux, où le massif considéré comprend deux régions régies par des lois différentes.* Note [1] de M. G. Guillaumin, présentée par M. J. Boussinesq.

I. Dans une précédente Note, nous avons montré les particularités que présentaient les conditions d'équilibre-limite sur une paroi rectiligne dans la recherche des solutions du problème de l'état ébouleux. Soit maintenant C une courbe quelconque sur laquelle nous supposerons donnés p et χ en fonction de l'arc s. Prenons la verticale descendante pour axe des x et soit ψ l'azimut de la tangente à C dans le sens des arcs croissants. Les équations qui déterminent, sur C, les dérivées partielles de p et χ sont les suivantes :

$$(1)\qquad (1+k\cos 2\chi)\frac{dp}{dx}+k\sin 2\chi\frac{dp}{dy}+2kp\left(\cos 2\chi\frac{d\chi}{dy}-\sin 2\chi\frac{d\chi}{dx}\right)=\Pi;$$

$$(2)\qquad k\sin 2\chi\frac{dp}{dx}+(1-k\cos 2\chi)\frac{dp}{dy}+2kp\left(\cos 2\chi\frac{d\chi}{dx}+\sin 2\chi\frac{d\chi}{dy}\right)=0;$$

$$(3)\qquad \frac{dp}{ds}=\frac{dp}{dx}\cos\psi+\frac{dp}{dy}\sin\psi;$$

$$(4)\qquad \frac{d\chi}{ds}=\frac{d\chi}{dx}\cos\psi+\frac{d\chi}{dy}\sin\psi.$$

Le déterminant Δ des coefficients des inconnues s'écrit

$$\Delta=2kp[\cos(2\chi-2\psi)-k].$$

Les données sont donc exceptionnelles si C forme surface libre, cas que nous laisserons pour le moment de côté, ou bien si l'on a

$$2\chi-2\psi=\varepsilon\left(\frac{\pi}{2}-\varphi\right)+2h\pi;\qquad \varepsilon=\pm 1,$$

égalité qui caractérise l'équilibre-limite.

Si l'on admet l'existence, au voisinage de C, d'une intégrale (p, χ) dont les dérivées soient finies, on peut déduire aisément des équations ci-dessus une relation analogue à celle obtenue pour la solution Rankine-Lévy; cette

---

[1] Séance du 22 avril 1919.

relation s'écrit, tous calculs faits,

$$(5)\qquad \frac{dp}{ds} - 2\varepsilon p \operatorname{tang}\varphi \frac{d\psi}{ds} = \Pi \frac{\cos(\psi - \varepsilon\varphi)}{\cos\varphi}.$$

Cette équation différentielle caractérise évidemment, à l'intérieur du massif, le double faisceau des lignes de glissement (ou de rupture) et elle a déjà été utilisée, à ce titre, par divers auteurs allemands ([1]). La solution simple de Rankine et Maurice Lévy correspond au cas où les lignes de glissement sont des droites ($\psi =$ const.).

Si donc, sur une courbe donnée, l'équilibre-limite est imposé, la pression moyenne y sera parfaitement déterminée (par l'équation différentielle ci-dessus) si l'on suppose, en outre, que les dérivées de p et χ soient continues; et la paroi appartiendra au double faisceau des lignes de glissement. Dans le cas contraire, la courbe donnée sera enveloppe d'un des systèmes de lignes de glissement, c'est-à-dire sera ligne de glissement singulière, et l'équation différentielle (5) ne sera plus satisfaite le long de la paroi. On vérifie bien, en effet, ces dernières propriétés sur le cas particulier indiqué au paragraphe III de notre précédente Note.

II. *Solutions de M. Boussinesq.* — Nous appellerons ainsi des solutions du problème de l'équilibre dans l'état ébouleux envisagées par M. Boussinesq dans l'étude du problème du mur ([2]). On peut définir ces solutions de la manière générale suivante. Soit une courbe C à l'intérieur du massif pulvérulent; supposons que nous sachions construire deux intégrales (p, χ), (p', χ'), la première définie dans la région du plan située au-dessus de C, la seconde définie dans la région du plan située au-dessous de C. L'ensemble de ces deux intégrales formera évidemment une solution du problème de l'équilibre dans l'état ébouleux si elles prennent les mêmes valeurs (p_0, χ_0) sur C, car elles se prolongent l'une l'autre. Il est presque évident, d'après ce qui a été dit plus haut, que ce prolongement ne sera possible que si l'équilibre-limite est réalisé le long de C, c'est-à-dire si cette courbe forme ligne de glissement commune aux deux solutions.

Soit en effet, par exemple, le cas où C est une droite que nous prenons

([1]) Voir notamment Kötter, *Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen*, 1908.

([2]) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 1917.

pour axe des x. On voit, d'après les équations (1) et (2) de notre précédente Note, que le système

$$\lambda k \sin 2\chi_0 + 2k\mu p_0 \cos 2\chi_0 = 0,$$
$$\lambda(1 - k\cos 2\chi_0) + 2k\mu p_0 \sin 2\chi_0 = 0$$

doit être vérifié pour des valeurs non nulles de λ et μ, ces quantités représentant les discontinuités de $\left(\frac{dp}{dy}\right)_0$ et $\left(\frac{d\chi}{dy}\right)_0$; cela revient bien à dire que l'équilibre-limite le long de Ox sera nécessairement réalisé. D'autre part, le rapport $\frac{\lambda}{\mu}$ devra évidemment vérifier l'égalité

$$\frac{\lambda}{\mu} = 2\varepsilon p_0 \operatorname{tang}\varphi,$$

résultat établi déjà par M. Boussinesq par une voie différente [1].

Ainsi les lignes de glissement, c'est-à-dire les courbes le long desquelles est réalisé l'équilibre-limite, sont les seules pouvant servir de *lignes de jonction* dans la construction des solutions de M. Boussinesq.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la décomposition de liquides diélectriques au sein desquels jaillit un arc.* Note de MM. **Ed. Urbain** et **Clair Scal**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons eu besoin, au cours de recherches sur les réactions chimiques qui se produisent lors du passage des décharges électriques sous forme d'arc ou d'étincelles dans des milieux variés, de maintenir le passage du courant pendant des durées notables sans pouvoir recourir à un réglage mécanique.

Remarquant que le potentiel explosif est toujours supérieur au potentiel de passage, nous avons réalisé ces deux périodes successives par la superposition de deux courants électriques distincts : un courant d'allumage de durée très courte, mais créant entre les électrodes des différences de potentiel de l'ordre de plusieurs milliers de volts; et en second lieu un courant de beaucoup plus faible voltage, 500 volts à 110 volts, qui peut acquérir une intensité de plusieurs ampères lorsque le premier courant a rompu le diélectrique entre les électrodes.

---

(1) Mémoire des *Annales de l'École Normale*, p. 31.

Naturellement, la superposition des deux courants ne se fait que sur les électrodes. Les circuits respectifs, sauf une courte portion commune, sont absolument séparés.

Nous avons utilisé pour les hauts potentiels un courant de fréquence élevée, le courant de basse intensité étant continu ou alternatif ordinaire. Le circuit à haute fréquence est monté en Tesla. Pour éviter la mise en court-circuit du courant de basse tension par le secondaire du transformateur de haute fréquence, celui-ci est divisé en deux parties égales par un condensateur de capacité suffisante pour laisser sans perturbation la haute fréqnence, mais qui arrête complètement soit le courant continu, soit le courant à 42 périodes du secteur.

Ce condensateur ainsi placé présente en outre l'avantage, au point de vue de l'isolement des électrodes, de conserver la symétrie du montage bipolaire. Tout se passe effectivement comme si la spire médiane du secondaire était mise à la terre.

Deux selfs de 180^{mm} de diamètre, comprenant 100 tours de fil sur une seule couche chacune, et à l'intérieur desquelles nous avons introduit deux cylindres de tôle mince ouverts suivant une génératrice, empêchent les oscillations de la haute fréquence de se perdre dans le circuit de basse tension.

L'étincelle de haute fréquence employée pour l'allumage et l'entretien de l'arc ne représente pas plus de 2,5 pour 100 de l'énergie électrique consommée, elle n'entre presque pas dans le processus des réactions chimiques que l'on produit dans l'arc.

En effet, lorsqu'en utilisant ce dispositif on fait jaillir seulement l'étincelle de haute fréquence au sein d'un liquide diélectrique, on constate un dégagement gazeux insignifiant; au contraire, ce dégagement devient considérable lorsqu'un courant d'une intensité suffisante à basse tension s'y superpose.

Nous avons étudié des diélectriques liquides divers.

L'arc jaillissant au sein des tétrachlorures de titane, d'étain, de carbone, produit une décomposition profonde et un dégagement intense de chlore.

Dans les mêmes conditions avec les hydrocarbures liquides saturés, dégagement d'acétylène, d'éthylène, d'hydrogène et dépôt de charbon. Avec la benzine, production d'acétylène, d'éthylène et dépôt de charbon.

Avec le pinène, production des mêmes produits et formation dans le liquide de quantités notables d'isoprène. Avec les cétones, production d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures divers.

M. le Professeur Grignard nous a signalé qu'il a été fait des recherches sur la décomposition électrique des huiles de pétroles au Mellon Institute de Pittsburg, mais dans des conditions très différentes en utilisant un arc fonctionnant sous un potentiel de 10000 volts.

Nous terminerons en remarquant :

1° Il est nécessaire d'employer des électrodes métalliques lorsqu'on étudie des diélectriques organiques. Le carbone qui se forme toujours au sein des liquides organiques soumis à l'arc se dépose sur les électrodes de charbon et ne tarde pas à créer un court circuit, au contraire, avec des électrodes métalliques, le charbon reste en suspension, et ne constitue aucune gêne même après plusieurs heures de marche.

2° Il existe deux régimes de décomposition des liquides organiques suivant que l'arc jaillit au sein du liquide maintenu à 15°C. ou suivant qu'il jaillit dans le liquide porté au voisinage de son point d'ébullition. Dans le premier cas, la décomposition est ménagée et suit un processus qu'on peut étudier; dans le deuxième cas, elle est très brutale, car l'arc s'enveloppe rapidement d'une gaine gazeuse, et ce n'est plus dans un liquide que l'arc jaillit mais dans des gaz, et la décomposition est alors toute différente.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les azotures normaux de nickel et de cobalt.* Note de M. **A.-C. Vournasos**, transmis par M. A. Gautier.

L'azote ne semble avoir aucune affinité directe pour le nickel et le cobalt. Les recherches faites en vue d'obtenir les azotures de ces métaux par l'action de l'azote sur eux sont restées infructueuses. Par voie indirecte, le nickel seul donne certains composés de constitution anormale.

La réaction que j'ai appliquée en 1917 pour la préparation de l'azoture de glucinium [1] m'a permis d'obtenir également un azoture de nickel normal. Elle consiste dans l'oxydation du carbone d'un cyanure stable d'un métal, à l'aide de l'oxyde azoteux à une température plus ou moins élevée.

Au cours de mes expériences, j'ai pu constater que ladite oxydation du carbone cyané peut être obtenue aussi par l'oxygène de plusieurs oxydes métalliques à la température de l'arc électrique; le métal de l'oxyde réduit se combine alors à l'azote du cyanure et forme un azoture stable et pur,

[1] A.-C. Vournasos, *L'azoture de glucinium* (*Bull. Soc. chim.* 4e série, t. 21, p. 285).

surtout si l'on opère dans une atmosphère d'azote. Des essais exécutés avec le cuivre, le nickel et le cobalt ont ainsi donné les azotures normaux correspondants.

La combustion du cyanure métallique peut être alors représentée par l'équation ci-après où nous prenons comme oxyde comburant le protoxyde de nickel :

$$NiC^2N^2 + 2NiO = 2CO + Ni^3N^2.$$

Si la température ne dépasse pas 1000°, la réduction simple fournit le métal pur en quantité équimoléculaire :

$$NiC^2N^2 + 2NiO = 2CO + N^2 + 3Ni.$$

Mais si l'on chauffe rapidement à plus de 2000° le mélange des corps réagissants, la combinaison entre azote et nickel est totale.

Le cyanure de nickel qu'on fait réagir doit être complètement anhydre ; dans ce but on chauffe le produit obtenu par précipitation de l'acétate de nickel, placé dans un tube de verre où passe un courant lent d'azote pur et sec et jusqu'à complet départ de la vapeur d'eau. En tous cas, la température de dessiccation ne doit pas être inférieure à 180° ni supérieure à 200°. Le cyanure anhydre de couleur jaune-brune est refroidi toujours dans l'azote sec puis mélangé avec le protoxyde de nickel préalablement séché dans le vide sulfurique. Le mélange se compose de 10 parties de protoxyde pour 7,4 de cyanure de nickel; il doit être aussi intime que possible et conservé au dessicateur.

La combustion s'opère dans un ballon de verre ovale et trois fois tubulé. Les deux ouvertures latérales portent chacune un bouchon percé de deux trous destinés à recevoir les deux électrodes de charbon aggloméré et les deux tubes pour l'entrée et la sortie de l'azote sec. La tubulure supérieure porte un petit tube en graphite qui conduit au-dessus du petit espace entre les deux électrodes où jaillit l'arc électrique.

On balaie d'abord le ballon par de l'azote pur et sec, puis on fait jaillir l'arc électrique sur lequel on projette par très petites proportions le mélange préparé, qu'on introduit par l'orifice du tube en graphite.

La réaction a lieu instantanément et l'azoture est obtenu sous forme d'une poudre légère de couleur grise foncée et qui n'est pas fusible à la température de l'expérience. Or, on peut la faire repasser par l'arc électrique sans la moindre décomposition.

L'azoture de nickel normal n'est pas magnétique; il brûle si on le chauffe dans une atmosphère d'oxygène et donne NiO et NO^2. Il est attaqué à chaud par le chlore en formant le $NiCl^2$, et aussi par les acides azotique et chlorhydrique. Il n'est pas à confondre avec les deux autres azotures de nickel :

le Ni^2N préparé par MM. Beilby et Henderson [1] par l'action de NH^3 sur du nickel divisé et chauffé au rouge, et le produit NiN^6 obtenu par MM. Curtius et Darapsky [2] par dissolution de $NiCO^3$ dans l'acide azothydrique.

L'azoture de nickel normal, que j'ai le premier obtenu, est inattaquable par l'eau à l'ébullition, mais il est décomposé par la soude caustique fondue en donnant du gaz ammoniac; l'analyse fournit 16,65 pour 100 NH^3, vis-à-vis de 86,28 pour 100 de nickel, ce qui conduit à la formule Ni^3N^2.

Azoture de cobalt. — Il est produit par l'arc voltaïque sur un mélange intime de 10 parties de CoO avec 7,4 parties de $Co(CN)^2$ séché comme il vient d'être dit. L'azoture de cobalt, Co^3N^2, constitue une poudre brune foncée légère, inattaquable par l'eau bouillante, mais décomposée par les acides azotique, chlorhydrique et sulfurique, et par la soude caustique fondue en dégageant du gaz ammoniac.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de l'oxychlorure de carbone contenu dans l'air à l'état de traces.* Note de MM. **André Kling** et **René Schmutz**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente, nous avons montré que la caractérisation de l'oxychlorure de carbone, ainsi que sa fixation complète, pouvaient être réalisées par l'emploi de l'eau d'aniline saturée à froid et que, pour des atmosphères dans lesquelles la concentration en phosgène était de l'ordre de $\frac{1}{100000}$ (en volume), la formation du précipité était encore très nette.

Il nous reste à montrer comment la méthode de dosage, précédemment décrite, doit être appliquée en pareils cas, et quel degré d'exactitude on peut alors en attendre.

Ainsi que nous le rappellerons, on opère sur un volume de 1^l à 5^l du mélange gazeux qu'on fait barboter lentement dans 3^{cm^3} à 10^{cm^3} d'eau d'aniline [3]. La quantité de diphénylurée formée peut être déterminée soit pondéralement soit colorimétriquement.

---

(1) Beilby et Henderson, *Chem. Soc.*, t. 79, p. 125.

(2) Curtius et Darapsky, *Journ. f. prakt. Chem.*, t. 61, p. 415.

(3) Pour les mélanges dans lesquels la concentration en $COCl^2$ dépasse 2 pour 100, il est nécessaire de placer un second barboteur identique à la suite du premier, afin de retenir les petites quantités de phosgène qui n'auraient pu être fixées par celui-ci.

Dans un cas comme dans l'autre, le précipité, détaché par agitation des parois du barboteur, est recueilli sur un tout petit disque de papier filtre appliqué sur un tortillon de fil de platine logé dans la douille d'un entonnoir de dimensions minuscules. Ce précipité est lavé, sur le petit filtre même, à quatre ou cinq reprises différentes avec la plus petite quantité d'eau possible, jusqu'à disparition de l'aniline et du chlorhydrate qui le souille, il est enfin séché à l'étuve à 50° ou 60°, pendant 2 heures, afin de le débarrasser des dernières traces d'aniline.

Dosage pondéral. — Si son poids est assez important pour pouvoir être déterminé à la balance avec une précision suffisante ($> 10^{mg}$), le précipité est dissous, sur le filtre même, avec de l'alcool bouillant. La solution alcoolique recueillie dans une petite capsule de platine tarée est évaporée au bain-marie à une température inférieure à son point d'ébullition; enfin, le résidu est séché à 50° ou 60° durant 2 heures, puis il est pesé. Du poids de diphénylurée trouvé on déduit celui de l'oxychlorure de carbone qui lui a donné naissance.

Dosage colorimétrique. — Si la quantité de diphénylurée précipitée est trop faible pour être pesée avec exactitude, on peut néanmoins l'apprécier indirectement en transformant cette urée en ammoniaque et en dosant colorimétriquement celle-ci à l'aide du réactif de Nessler.

A cet effet, au sortir de l'étuve, le disque de papier-filtre contenant la majeure partie du précipité est introduit dans un petit matras, puis arrosé de 4^{cm^3} d'acide sulfurique pur à 66° B. qu'on fait couler lentement le long des parois de l'entonnoir et sur le tortillon de fil de platine qui ont pu retenir des parcelles de diphénylurée. On ajoute au mélange 10^{mg} de sulfate de mercure et on le porte 2 heures à une température voisine de son point d'ébullition. La solution sulfurique est alors complètement décolorée. Après refroidissement, on étend le mélange de 20^{cm^3} d'eau distillée et on le fait passer dans un ballon de 200^{cm^3} contenant $0^g,25$ d'hypophosphite de soude dissous dans 100^{cm^3} d'eau, on lave à plusieurs reprises le matras, jusqu'à ce que le volume du liquide soit voisin de 150^{cm^3} et l'on procède enfin à la distillation de l'ammoniaque. Celle-ci s'effectue dans un appareil genre Aubin, de dimensions réduites, dans lequel l'ammoniaque est déplacée par 4^g de magnésie. On distille environ 70^{cm^3} du liquide entraînant la totalité de l'ammoniaque; les produits de la distillation sont reçus dans 25^{cm^3} d'eau additionnée de 1^{cm^3} de HCl $\frac{N}{10}$. On complète à 100^{cm^3} le volume du liquide distillé et l'on procède au dosage colorimétrique de

l'ammoniaque à l'aide du réactif de Nessler préparé quelques jours à l'avance.

Comme terme de comparaison, on emploie une solution de NH^4Cl à $0^g,324$ par litre, dont 1^{cm^3} correspond à $0^{mg},3$ de $COCl^2$ $\left(\frac{COCl^2}{2NH^4Cl} = \frac{99}{107}\right)$.

Pour l'exactitude de l'évaluation, il est nécessaire que les colorations à comparer ne soient pas trop intenses. Aussi, suivant les richesses en $COCl^2$ des atmosphères à analyser, devra-t-on opérer sur des prises d'essai de 10^{cm^3} à 50^{cm^3}. Ces prises seront disposées dans de gros tubes à essai (35^{mm} de diamètre) portant un trait de jauge limitant 50^{cm^3}. On complète, avec de l'eau distillée, le volume du liquide de chaque tube et on l'additionne de 2^{cm^3} de réactif de Nessler.

D'autre part, dans un tube identique, contenant 50^{cm^3} d'eau et 2^{cm^3} de réactif de Nessler, on ajoute goutte à goutte au liquide la solution titrée de NH^4Cl. S'il est nécessaire d'employer plus de 25^{cm^3} de cette solution pour atteindre l'égalité de coloration, on recommence la détermination, en réduisant dans les proportions convenables la prise d'essai du liquide à titrer.

On peut également opérer par comparaison avec une gamme de tubes renfermant des quantités croissantes de NH^4Cl et en utilisant un colorimètre plus ou moins rudimentaire.

Appliquant cette méthode à l'analyse d'atmosphères de teneurs bien connues en phosgène, nous avons obtenu les résultats suivants :

	$COCl^2$ (en milligramme par litre)	
	introduit.	trouvé.
1.	0,22	0,20
2.	0,22	0,22
3.	0,38	0,35
4.	0,44	0,41

Ainsi qu'on le voit, les nombres obtenus dans ces dosages ont été satisfaisants, quoique toujours un peu inférieurs aux nombres théoriques. Le léger déficit que l'on a constaté est bien moins imputable à la méthode analytique qu'à une action destructive exercée sur le phosgène par des traces d'humidité condensées à la surface des récipients contenant le mélange et agissant sur lui pendant la durée du prélèvement. On s'est rendu compte de ce fait en effectuant des prélèvements fractionnés d'heure en heure; leurs analyses ont fourni des teneurs régulièrement décroissantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acétylène monosodé sur quelques iodures d'alcools primaires à chaîne ramifiée.* Note de M. **Picon**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note parue récemment, nous avons montré que les éthers halogénés des alcools, en réagissant sur l'acétylène monosodé dissous dans l'ammoniac liquide, fournissaient soit des carbures acétyléniques vrais, soit des carbures éthyléniques, suivant qu'on emploie les dérivés des alcools primaires normaux ou ceux des alcools secondaires et tertiaires. Nous indiquerons aujourd'hui les résultats de nos essais avec les dérivés des alcools primaires à chaîne ramifiée.

L'iodure d'isobutyle ne réagit qu'à l'autoclave et à la température ordinaire. Les produits de la réaction sont de l'acétylène et de l'isobutylène. On trouve encore 1 pour 100 de carbure acétylénique vrai liquide dont la présence est certainement due à des traces d'impuretés contenues dans l'iodure d'isobutyle utilisé. La réaction est complète et le rendement de 95 pour 100.

L'iodure d'isoamyle commercial distillant de 144° à 145° sous la pression de 754^{mm} est un mélange contenant approximativement 75 pour 100 d'iodure d'isoamyle inactif et 25 pour 100 d'iodure d'isoamyle actif. Il faut donc s'attendre à ce que ce corps fournisse une réaction complexe. Celle-ci ne commence qu'à — 15°, mais elle est encore incomplète après trois heures à cette température ; toutefois, à ce moment, l'iodure d'isoamyle inactif est complètement transformé en un carbure acétylénique vrai, tandis que l'autre iodure est à peine attaqué.

Pour transformer entièrement l'iodure, il est nécessaire d'atteindre la température ordinaire. On obtient alors un carbure éthylénique distillant à 29° sous la pression normale. Ce point d'ébullition est voisin de celui du méthyl-2 butène-1 $CH^3 - CH^2(CH^3)C = CH^2$, bouillant à 31°-32° et dérivant de l'iodure d'isoamyle actif $CH^3 - CH^2 - CH(CH^3)CH^2I$. Il est plus éloigné de celui du méthyle-2 butène-3 : $CH^3 - CH(CH^3)CH = CH^2$, bouillant à 21°1-21°3 dérivant de l'iodure d'isoamyle inactif

$$CH^3 - CH(CH^3)CH^2 - CH^2I.$$

Le rendement en isoamylène correspond à 20 pour 100 de l'iodure employé.

Il se forme également de l'isoheptine, carbure acétylénique vrai bouillant de 92° à 93°. Le rendement est de 40 pour 100. On retrouve enfin un produit de condensation légèrement coloré en jaune ne se formant qu'à la température ordinaire.

L'iodure d'isoamyle commercial fournit donc, d'une part de l'isoheptine et un produit de condensation provenant de l'iodure d'isoanyle inactif, puis d'autre part de l'isoamylène dérivant de l'iodure actif.

Nous avons vérifié ces conclusions en examinant l'action de l'acétylène monosodé sur de l'iodure d'isoamyle inactif, préparé avec de l'alcool obtenu par synthèse au moyen d'iodure d'isobutylmagnésium d'éther et de trioxyméthylène.

En présence d'acétylène monosodé, cet iodure fournit de l'isoheptine avec un rendement de 70 pour 100 et un produit de condensation. Il ne se forme plus de carbure éthylénique.

Des expériences précédentes il est permis de conclure que l'acétylène monosodé réagit différemment sur les éthers iodhydriques des alcools primaires suivant que la chaîne carbonée du dérivé halogéné possède ou ne possède pas de ramification sur l'atome de carbone voisin de la fonction éther. Si cette ramification n'existe pas, c'est-à-dire si l'on peut représenter le dérivé halogéné par la formule générale suivante $R - CH^2 - CH^2X$, on obtient un carbure acétylénique vrai par fixation du radical $- C \equiv CH$. Si, au contraire, la ramification existe soit sur l'atome de carbone portant l'halogène, soit sur l'atome de carbone contigu, on obtient le carbure éthylénique provenant du dérivé halogéné employé par perte d'une molécule d'hydracide.

Dans chaque série, les réactions s'effectuent intégralement sans jamais se superposer à celles de l'autre série. La différenciation des deux modes d'action de l'acétylène monosodé s'établissant ainsi avec une grande netteté, nous avons cherché s'il était facile d'expliquer la formation de chacun de ces deux types de réaction.

Dans la formation des carbures acétyléniques vrais représentée par la formule $CH \equiv CNa + RI = NaI + R - C \equiv CH$, le mécanisme de la réaction paraît très simple. Un atome de sodium se combinant directement a un atome d'halogène, les deux restes de molécules carbonées libérées se soudent.

Si nous examinons maintenant la formation des carbures éthyléniques

$$CH \equiv CNa + R - CHR' - CH^2I = NaI + CH \equiv CH + R - CR' = CH^2;$$

on constate que l'acétylène monosodé agit comme le ferait de la soude.

Ceci nous a conduit à rechercher l'action de la présence de traces d'eau; celles-ci fournissant de la soude avec l'acétylène monosodé.

En effectuant plusieurs expériences avec l'iodure d'isobutyle en tube scellé dans lesquelles on s'est mis à l'abri de toute trace d'humidité, on a pu constater que la réaction est identique à celle qui se produit à l'autoclave en présence de traces d'eau.

Dans un autre essai, on a mis en présence d'iodure d'isobutyle et d'ammoniac liquide, de la soude caustique pulvérisée. La soude s'est montré inerte. Ce n'est donc pas la présence de traces d'eau ou de soude qui détermine la formation des carbures éthyléniques.

D'autre part, la réaction secondaire de l'ammoniac liquide sur l'iodure d'isobutyle pouvait-elle expliquer cette formation? Après 48^h de contact à la température ordinaire, un tiers de l'iodure est encore inattaqué. Les deux autres tiers fournissent 10 à 15 pour 100 d'isobutylène, près de 20 pour 100 d'iodhydrate de monoisobutylamine et 60 pour 100 d'un mélange d'amines libres.

La formation d'isobutylène est loin d'être intégrale comme en présence d'acétylène monosodé. Nous avons alors cherché si l'on pouvait obtenir de l'isobutylène par action de l'acétylène monosodé sur les produits formés par un contact préalable de 70 heures entre l'ammoniac et l'iodure d'isobutyle. Nous avons constaté que les amines ne réagissent pas et que, seul, l'iodure d'isobutyle non encore attaqué est transformé intégralement en isobutylène. D'autre part, l'acétylène monosodé ajouté disparaît complètement en réagissant sur l'iodure d'ammonium et l'iodhydrate de monoisobutylamine, et fournit de l'acétylène, de l'ammoniac et l'amine libre.

La formation de carbure éthylénique au moyen de l'acétylène monosodé et de certains dérivés halogénés n'est pas due à la présence de traces d'eau ni à la réaction secondaire entre le dissolvant et le dérivé halogéné. C'est, au contraire, une action bien spécifique.

MINÉRALOGIE. — *Sur la signification et le rôle de la lapiésation dans la désagrégation des roches granitiques en Portugal.* Note de M. **Ernest Fleury**, présentée par M. De Launay.

Dans plusieurs régions de la Meseta, les roches granitiques sont exceptionnellement découpées et parfois grossièrement sculptées comme si elles avaient été modelées par la lapiésation ou par les eaux courantes :

1° Entre Vimioso et Santo Adriao (Traz-os-Montes), des blocs irréguliers de 2^m

à 3^m de hauteur, massifs ou rarement pédonculés et bien isolés les uns des autres sont groupés en un véritable *champ lapiaire* à sol relativement plat. Un autre champ de lapiés a été signalé par le Dr P. Choffat, entre la Borageira et le col de Leonte, dans le Gerez [1].

2° Le cirque de Covão-de-Boi, des Cantaros (Serra de Estrëla), montre une magnifique série de *colonnes cylindriques* ou un peu plus larges au sommet qu'à la base et de blocs pédonculés de 2^m à 5^m de hauteur.

3° Aux Poios Brancos, sur le sommet plat de la berge droite du Zezere, en face des Cantaros, il y a plusieurs petits *massifs chaotiques* et diaclasés, encore bien groupés, quoique très espacés, de 4^m à 10^m de hauteur.

4° Dans presque toutes les serras granitiques, les blocs branlants, perchés, pédonculés ou en colonnes irrégulières ou bien massifs et chaotiques sont fréquents. Ils sont sporadiques, isolés ou parfois groupés sur des sols plats ou des pentes. Certains présentent des silhouettes d'animaux, de figures humaines, etc.

5° De grosses *cannelures* dirigées par la pente ou par des cassures apparaissent sur les gradins des versants du petit plateau du sommet de la Serra da Estrëla et sur quelques blocs des dômes chaotiques.

6° Les fines *sculptures* sont partout très rares. On peut en observer cependant sur un bloc isolé de granite grossier près da Lagoa Secca (Serra da Estrëla) et sur les syénites de Monchique.

7° Enfin, beaucoup de surfaces granitiques bien exposées aux actions atmosphériques, comme aussi la plupart des formes qui viennent d'être citées, ont des cavités rappelant les *écuelles lapiaires* et les *tafoni*.

Toutes ces formes sont dans des granites de composition variée, *mais à gros feldspaths très abondants*. La plupart sont enracinés et, pour l'ensemble, le déracinement indique un stade sénile. Leurs surfaces sont très rugueuses et sans traces d'usure; si les feldspaths sont altérés, la roche s'effrite et les grains de quartz sont en saillie; s'ils sont sains, ils forment les plus grosses aspérités et la roche est résistante.

Malgré plusieurs caractères morphologiques, il est impossible d'affirmer que ces formes ont été ébauchées par une usure tourbillonnaire des eaux courantes, comme l'admet M. E.-A. Martel pour celles des grès de Fontainebleau et du Dagota ou les calcaires des Causses [2]. Elles s'expliquent faci-

---

(1) P. Choffat, *Notes sur l'érosion en Portugal* (*Communicações do Serviço geol. de Portugal*, 1895-1896, t. 3, p. 22). Lisbonne.

(2) E.-A. Martel, *L'érosion des grès de Fontainebleau* (*Bull. des Services de la Carte géol. de la France*, t. 21, 1910, n° 127).

lement par *une désagrégation chimique dirigée ou influencée par certaines actions mécaniques.*

I. Dans les tranchées profondes des granites de Sintra et du Gerez ou des syénites de Monchique, on constate que la zone d'altération superficielle est souvent très épaisse et que sa base est généralement très irrégulière; elle s'enfonce surtout le long des cassures, laissant dans les *arènes éluviales* des parties en saillie ou des masses incomplètement transformées que le ruissellement et le ravinement peuvent dégager pour former des blocs enracinés ou des chaos de tassement.

II. Dans la Serra da Estrêla, les grandes dalles des granites dues à la desquamation, parfois facilitée par le dynamo-métamorphisme ancien, forment de larges gradins et plusieurs ont des réseaux très réguliers de cassures verticales bien entrecroisées. En dirigeant l'infiltration des eaux météoriques et en concentrant l'altération superficielle, ces cassures deviennent des zones d'altération qui s'enfoncent plus rapidement qu'elles ne s'élargissent. Le ruissellement et le ravinement peuvent ainsi dégager des formes enracinées qui représentent l'intérieur des mailles des réseaux de cassures.

La désagrégation chimique qui intervient est l'*arénisation ;* elle agit surtout sur les feldspaths et aussi sur les micas et elle se rapproche de la lapiésation des calcaires en produisant des matériaux résiduels. Son activité est influencée par les facteurs pétrographiques et dirigée par les facteurs structuraux, par les diaclases primordiales de retrait et de consolidation des roches ou secondaires produites par éclatement, desquamation ou exfoliation sous l'influence du gel, de l'insolation et des variations de la température, ou encore par les phénomènes tectoniques.

Toutes les cassures ne jouent cependant pas le même rôle, parce que l'arénisation dépend de l'infiltration des eaux météoriques et de leur circulation souterraine.

Les colonnes de Covão de Boi rappellent celles des calcaires lapiésés de Pedra Furada [1]; elles ont des cassures transversales horizontales et parallèles qui ne paraissent pas avoir dirigé l'arénisation tant que les eaux purent s'enfoncer rapidement. Les massifs chaotiques des Poios Brancos

---

(1) E. Fleury, *Les lapiés des calcaires au nord du Tage.* (*Communicações do Serviço Geologico de Portugal*, 197, t. 12, Lisbonne).

ressemblent aux groupes lapiaires enracinés sur des socles; ils ont des fissures à peine ouvertes et d'autres qui sont très élargies. Quand aux blocs a silhouettes étranges ou perchés, pédonculés, etc., si fréquents dans les sierras granitiques, ils s'expliquent encore par un agrandissement inégal de fissures et de cassures.

Cette arénisation dirigée peut être considérée comme une forme de lapiésation des roches de composition hétérogène et peu solubles; elle laisse des matériaux résiduels grossiers et produit parfois des modelés à caractères lapiaires, mais elle utilise davantage l'altération et la désagrégation que la dissolution. C'est une action très générale qui est particulièrement active dans les régions de forte dénudation. Il convient de distinguer une *arénisation phanérogène* se réalisant à l'air libre, aidée par le ruissellement et le ravinement et une *arénisation cryptogène* effectuée en profondeur sous des matériaux détritiques éluviaux ou aluviaux, comme pour la lapiésation des roches solubles. Ses matériaux résiduels diffèrent nettement des *terra rossa* des calcaires, mais ils présentent aussi des types variés suivant leur évolution.

L'usure par les eaux, qui produit parfois des formes plus ou moins comparables, n'intervient cependant dans l'arénisation que comme facteur secondaire, au même titre que les agents atmosphériques : son action est plus localisée.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision des variations barométriques.* Note de M. Gabriel Guilbert, présentée par M. R. Bourgeois.

MM. Dunoyer et Reboul [1] ayant étudié nos bases de prévision, nous croyons devoir rappeler les principes essentiels de notre méthode :

1° *Les vents convergents, anormaux par excès, déterminent la hausse du baromètre et détruisent les cyclones;*

2° *Les vents divergents, inversement, produisent la baisse du baromètre et créent les dépressions barométriques;*

3° *La pression se dirige, de la droite vers la gauche des vents, dans le sens même de la normale aux isobares.*

L'énoncé de ces trois principes nous paraît exempt de toute ambiguïté.

Nous avons formulé ces principes dès 1891; ils nous ont permis d'établir

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 356.

dès cette date des prévisions relatives aux variations de pression. A cette époque, et même encore en 1906, comme nous l'avons montré dans notre Ouvrage : *Nouvelle méthode de prévision du temps*, Paris, 1909, la science météorologique considérait le vent, au point de vue de la prévision, « comme aussi inutilisable que possible. » Au contraire, nous avons affirmé que *le vent est le maître de la pression; qu'il comble ou creuse le cyclone; qu'il en détermine la vitesse et la trajectoire; qu'il commande à toutes les variations barométriques.*

Les lois que rappellent MM. Dunoyer et Reboul sur la trajectoire des bourrasques sont donc les nôtres et nous ne pensons pas qu'aucun auteur en ait formulé de semblables, au moins antérieurement à 1891.

L'expression de vents *divergents*, selon nous, ne saurait être remplacée par celle de « vents d'appel », proposée par MM. Dunoyer et Reboul.

D'ailleurs, cette expression de « vents d'appel » nous appartient au même titre que nos lois sur les variations barométriques. Elle figure dans notre règle n° 14, comme synonyme de vents divergents. Dans la discussion des exemples cités dans notre Ouvrage de 1909, nous parlons des « centres d'appel », des « zones d'appel », des « régions d'appel ».

L'expression de « vents divergents », à notre avis, n'offre pas plus d'obscurité que celle de « vents convergents ». Des savants étrangers ont parfaitement admis l'une comme l'autre et ont déclaré ces expressions « claires par elles-mêmes ».

Rien de plus simple que la définition des vents divergents : « Ce sont des vents, dont la composante, loin d'être centripète dans l'orbite d'un cyclone, devient centrifuge par rapport au centre tourbillonnaire ».

Il n'y a ici rien d'anormal dans la circulation atmosphérique.

Il ne faut pas croire que l'existence d'un *seul* vent divergent sur une carte isobarique soit sans importance. Nous avons tenu pour considérables, dans toute prévision, ces anomalies apparentes.

Ce vent divergent, en effet, n'apparaît unique sur les cartes isobariques, que par suite de l'absence d'autres stations dans la région géographique considérée. Le cas du 11 novembre 1905, qui nous a été si injustement reproché par des savants français, est typique à cet égard. A cette date, Carlsruhe *seul*, sur la carte du Bureau Central météorologique de France, notait un vent de NW : Pourquoi? Parce que *seule* station figurant sur toute l'Allemagne du Sud. Et, en effet, sur les cartes allemandes, plus de *dix* stations de l'Allemagne du Sud enregistraient à la même heure et comme Carlsruhe, des vents de NW.

Il suffit de resserrer davantage les postes d'observation, comme l'a fait durant la guerre le bureau météorologique militaire, pour voir l'objection disparaître.

MM. Dunoyer et Reboul ont étudié l'application de « notre règle » des vents divergents sur les cartes de l'année 1904.

Il peut y avoir ici une certaine confusion entre nos règles 14, 15, 16, car MM. Dunoyer et Reboul ne citent pas la règle qu'ils ont voulu vérifier.

La trajectoire des bourrasques, dans notre méthode, est déterminée par l'examen des régions de « moindre résistance ». Nous ne trouvons pas cette expression dans le travail inséré dans les *Comptes rendus*. Et cependant, la notion de « moindre résistance » est capitale dans l'étude des vents divergents.

C'est pour cette raison, sans doute, que MM. Dunoyer et Reboul, n'ont trouvé pour notre règle qu'une proportion de succès de 70 pour 100. Or, le pourcentage de nos règles 14, 15 ou 16, relatives aux vents divergents et à la région de moindre résistance, n'est pas inférieur à 95 pour 100 de succès.

Il n'y a rien d'aléatoire, — nos prévisions passées ou présentes nous donnent la possibilité de l'affirmer, — dans l'emploi de nos multiples règles sur les vents divergents.

Nous envisagerions autrement que MM. Dunoyer et Reboul l'établissement d'un « coefficient de certitude ».

Nous nous baserions plutôt sur l'importance des anomalies. Ainsi, lorsqu'un vent, de force normale, comporte une vitesse de 6^m par seconde et qu'en réalité, cette vitesse atteint 12^m, la hausse barométrique consécutive sera beaucoup plus assurée que si l'excès de vent ne dépassait que de 1^m ou de 2^m la vitesse normale.

Plus l'importance de l'anomalie serait considérable, et plus la proportion de succès deviendrait meilleure. Mais il faut bien se garder de placer, sur le même rang, les cas simples et les cas complexes; les certains et les douteux; les anomalies importantes et celles à peine sensibles. Le coefficient de certitude doit se distinguer d'un pourcentage de succès ou d'une proportion d'erreurs.

L'application de cette méthode eut peut-être modifié le pourcentage des tableaux présentés par MM. Dunoyer et Reboul.

Le vent du Nord ne donnerait d'après ces Tableaux qu'une proportion de succès de 50 pour 100. Or c'est, selon nos travaux, le vent divergent le plus actif; le vent d'appel le plus énergique.

MM. Dunoyer et Reboul ont constaté d'ailleurs d'excellents résultats dus à nos règles sur les vents divergents.

Des vents de NNW, régnant sur l'Écosse, et divergents par rapport à une dépression sur l'Islande, ont déterminé, écrivent-ils, des *changements de temps* FOUDROYANTS en Lorraine.

Rien ne prouve mieux l'utilité des applications de nos principes de prévision du temps par les vents divergents, dont la direction NW est de toutes la plus importante, la plus riche en succès.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur le système d'accidents géologiques appelé* Faille des Cévennes. Note de M. **Paul Thiéry**, présentée par M. Pierre Termier.

Quand on examine la feuille *Alais* de la Carte géologique de la France au $\frac{1}{80\,000}$, on remarque, dans la région située entre Alais et Saint-Ambroix, que l'Infra-crétacé est limité, au Nord-Ouest, par un certain nombre de fractures, parfois discontinues, plus ou moins parallèles entre elles : la plus méridionale a été souvent nommée *Faille des Cévennes*. Tous les auteurs qui ont étudié la géologie du Gard se sont occupés de ce système d'accidents, mais ils l'ont interprété de façons très diverses : les uns ont voulu tout expliquer par des failles d'affaissement; les autres y ont vu des indices de charriages. Il ne semble pas que Fabre, l'auteur de la feuille *Alais*, ait pris parti nettement dans cette controverse. Il s'est contenté de limiter, aussi bien qu'il l'a pu, les divers étages, et son travail, extrêmement consciencieux, est souvent très voisin de la perfection.

J'étudie, depuis quelques mois, les abords de la route nationale n° 104, entre Rousson et Saint-Ambroix; j'ai pu, dans cette région de la *Faille des Cévennes*, faire de nombreuses observations qui précisent, parfois corrigent, les anciennes données et semblent ne pouvoir s'expliquer que par la théorie du charriage. J'ai constaté, en de nombreux points :

1° De fréquents contacts anormaux : Berriasien et Valanginien sur Séquanien, Rauracien, Oxfordien, Callovien, Bajocien; Charmouthien sur Trias [1]; Bajocien supérieur (calcaire à entroques) sur Toarcien, Char-

[1] Aucun auteur n'a signalé de fossiles dans le Trias du département du Gard : j'ai recueilli des articles d'*Encrinus liliiformis* dans le Muschelkalk de Saint-Jean-de-Valériscle (Couze) et aux Salles-du-Gardon (entre le Mazel et les Oules), associés

mouthien, Sinémurien, etc.; la surface de contact est, en général, horizontale; parfois, elle est plus ou moins inclinée; mais cette inclinaison, toujours faible, due à des ondulations postérieures à la superposition des couches, n'implique nullement l'existence d'une faille d'affaissement;

2° Que la ligne réunissant les points de contact anormaux identiques est toujours sinueuse;

3° Que les assises subissent souvent d'importantes réductions d'épaisseur: au Mas Dieu, par exemple, le Trias, d'une puissance normale de 250^m, n'a plus que quelques mètres, entre le Houiller et le Lias;

4° Que les couches marneuses de l'Oxfordien et du Callovien sont violemment laminées;

5° Que des *boutonnières* apparaissent fréquemment, montrant, dans la déchirure d'une assise, un terrain différent de celui qui devrait se présenter si la succession des couches était normale: Bajocien dans Oxfordien, à Lagardie; Charmouthien dans Callovien, à Larnac; Trias dans Hettangien supérieur, au sud de Couze;

6° Qu'il existe des superpositions anormales: Bajocien sur Callovien (Mas la Panse, puits des Mages, Larnac); Charmouthien sur Bajocien (entre la Mathe et le Mas Mathieu); Hettangien sur Hettangien [1].

Les lacunes et les réductions d'épaisseur sont trop fréquentes et trop importantes pour que l'on puisse les expliquer par l'érosion; les boutonnières et les superpositions anormales ne sont pas de celles dont on puisse rendre compte par des failles d'affaissement: la coexistence de ces anomalies, leur fréquence, leur constance, pour mieux dire, impliquent nécessairement des déplacements horizontaux relatifs et sont caractéristiques d'une série sédimentaire affectée par un charriage.

Le pays alaisien compris entre la bordure tertiaire et une ligne *sinueuse* allant de Mercoirol à Pierremorte est constitué par un système *d'écailles*, séparées les unes des autres par des surfaces de friction, peu inclinées sur l'horizon, dont chacune est un lieu de déplacement relatif, ou une faille de charriage. La ligne sinueuse qui limite au Nord-Ouest ce paquet d'écailles

---

à *Myophoria Goldfussi*, *Myophoria elegans*. Je possède un échantillon de *Lingula sp.* (?) provenant des marnes irisées de Notre-Dame de Laval (Mas de la Tuilière).

(1) Cette anomalie, visible à Saint-Jean-de-Valériscle, sur le chemin du Mas de Valz, est facile à reconnaître, l'Hettangien inférieur (zone à *Psiloceras planorbe*) étant très fossilifère.

ou, si l'on veut, cette nappe fragmentée, est elle-même l'affleurement d'une surface de charriage, séparant la nappe du pays autochtone. Si l'on tient à garder le nom de *Faille des Cévennes*, c'est à cette ligne sinueuse, seulement, qu'il faut l'appliquer. Les autres lignes de discontinuité ne sont que des traces d'accidents secondaires.

Il n'est que juste de dire que la conclusion ci-dessus est celle même que MM. P. Termier et G. Friedel, dans une course commune faite en octobre 1918, m'avaient indiquée comme la plus vraisemblable; elle est conforme aux vues d'ensemble de Marcel Bertrand [*Bassin du Gard* (*Annales des Mines*, t. 17, 1900, p. 616)].

PARASITOLOGIE. — *Sur une nouvelle Coccidie parasite de la Truite indigène.* Note de MM. L. **Léger** et E. **Hesse**, présentée par M. Edmond Perrier.

Peu de Coccidies ont été jusqu'ici signalées dans les Poissons d'eau douce et aucune n'est connue dans les Salmonides. Toutes les Coccidies actuellement décrites chez les Poissons sont d'ailleurs d'une remarquable uniformité et appartiennent aux Eiméridées octozoïques tétrasporées. Labbé cependant les a réparties en deux genres principaux : le genre *Goussia* à paroi kystique grêle, sans reliquat, à spores s'ouvrant en deux valves et dont la maturation s'effectue dans l'hôte, et le genre *Coccidium* (= *Eimeria*) à paroi kystique épaisse, avec reliquat, à spores sans valves visibles et à sporulation exogène. Cette distinction nous semble fragile et trop souvent inapplicable car, dans la plupart des cas, il est impossible de voir comment s'ouvrent les spores et, d'autre part, nous savons qu'il y a des *Eimeria* mûrissant dans l'hôte. Ne voulant pas entreprendre ici une revision de ces deux genres, nous placerons, au moins provisoirement, la Coccidie que nous avons découverte dans la Truite dans le genre *Goussia* en raison de sa faible taille, de sa paroi kystique mince, sans reliquat et de sa maturation dans l'hôte, bien que nous n'ayons pu observer la déhiscence des spores. Nous désignerons cette nouvelle espèce sous le nom de *Goussia trutæ* n. sp.

Siège. — Nous avons observé cette Coccidie dans les Truites sauvages (*Salmo fario*) d'un torrent des environs de Grenoble, le Furon, au voisinage de son embouchure dans l'Isère. Les sujets examinés, presque tous

parasités, avaient en moyenne 20cm de long et ne montraient aucun trouble pathologique. Les parasites étaient cependant nombreux dans l'épithélium des cæcums pyloriques et du début de l'intestin grêle, le plus souvent logés à la base des cellules, au-dessous du noyau. Les stades observés en février étaient des ookystes mûrs ou en voie de sporulation; puis quelques rares macrogamètes et un ou deux éléments représentant peut-être des microgamétocytes. Nous n'avons pu voir de schizogonie, ce qui nous porte à penser que celle-ci est peut-être saisonnière (été) ou bien s'effectue dans un autre hôte. Quoi qu'il en soit, à la fin de l'hiver, le tube digestif élimine de nombreuses spores mûres encore groupées par quatre qui doivent servir à l'infection exogène.

Description. — Les macrogamètes adultes sont des corps sphériques de 10μ à 12μ avec un noyau central et quelques grains chromatoïdes épars. A la maturité sexuelle le noyau gagne la périphérie. On trouve ensuite des stades à noyau étiré en fuseau et correspondant sans doute à la fécondation.

Les très rares stades que nous interprétons avec doute comme microgamétocytes sont des éléments sphériques couverts de nombreux petits noyaux virguliformes comme on en observe chez les *Eimeria*. Mais nous n'avons pas eu la chance d'observer les microgamètes complètement développés. Par contre, nombreux sont les stades d'ookystes en voie de sporulation : stades à 2 puis à 4 noyaux avec une mince membrane protectrice; puis stades à 4 sporoblastes en croix, d'abord sphériques puis peu à peu ovoïdes allongés. Plus nombreux encore sont les ookystes mûrs dans l'épithélium et dans la lumière intestinale où ils tombent par dislocation des cellules.

Ces ookystes, sphériques, ont une paroi frêle incolore, qui à la maturité se moule souvent sur les spores, ce qui la rend difficile à voir.

Il n'y a pas de reliquat kystique et les spores mûres, devenues ovoïdes, quittent leur disposition primitive en croix pour se placer parallèlement ou d'une façon irrégulière.

Les spores, toujours au nombre de quatre, sont ovoïdes allongées, à paroi tout à fait transparente et sans ligne valvaire distincte. Cette paroi présente ordinairement un épaississement chromophile en calotte à l'un des pôles qui paraît alors plus élargi que l'autre. Chaque spore renferme à maturité deux sporozoïtes recourbés en U avec un reliquat ovoïde, granuleux, central.

Diagnose. — *Goussia truttæ* n. sp. Ookyste sphérique de 12μ, à paroi frêle, hyaline, renfermant quatre spores dizoïques, ovoïdes allongées de 8μ

sur $4^{\mu},20$ montrant un épaississement en calotte à l'un des pôles. Pas de reliquat kystique. Maturation dans l'épithélium intestinal de l'hôte.

Habitat. — Cæcums pyloriques et intestin grêle de *Salmo fario*. Cours d'eau du bassin de l'Isère, près Grenoble.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la coordination des caractères morphologiques et des mouvements des molaires des éléphants et des mastodontes.* Note de M. **Sabba Stefanescu**.

Par cette coordination j'entends que les caractères qui nous servent à préciser la position de gauche ou de droite, supérieure ou inférieure des molaires, sont produits par les mouvements que ces mêmes molaires accomplissent. Or, le seul mouvement de progression des molaires, « suivant un grand arc de cercle » connu pour les auteurs qui m'ont précédé, ne peut pas produire ni l'incurvation des molaires, ni l'érosion différente de leurs faces de trituration. Mes recherches à ce sujet m'ont conduit à la conclusion que *les molaires des éléphants et des mastodontes ne progressent pas suivant des grands arcs de cercles, mais suivant d'autres courbes, et que pendant leur progression elles accomplissent, simultanément, un mouvement de torsion sur elles-mêmes.*

I. Les trajectoires des molaires des *éléphants* et des *mastodontes* sont des courbes moins régulières que les arcs de cercles, allongées et symétriques, celles des molaires supérieures à concavités internes, celles des molaires inférieures à concavités externes. Les deux trajectoires d'un même côté de la tête ne sont pas superposables, car leurs parties postérieures divergent beaucoup et leurs parties antérieures s'entre-croisent légèrement; par conséquent, *les molaires qui se trouvent ou qui arrivent dans les parties antérieures des trajectoires s'entre-croisent en* x, comme il résulte de ce qui suit :

J'ai calqué les faces de trituration des molaires de lait $m\frac{2}{2}$ et $m\frac{3}{3}$ du squelette d'une tête d'un jeune *Elephas indicus;* j'ai tracé ensuite la ligne médiane de chacune de ces faces de trituration (ligne qui, chez les molaires supérieures, est une courbe à concavité interne, et chez les molaires inférieures une courbe à concavité externe) et après avoir superposé les dessins de manière à imiter la réalité, j'ai remarqué que les lignes médianes

mentionnées s'entre-croisaient en x, ce qui veut dire que les molaires s'entre-croisaient elles-mêmes. D'autres observations m'ont conduit au même résultat.

II. Les faces de trituration des molaires sont modifiées par l'érosion due aux mouvements du maxillaire inférieur. Au point de vue des modifications qu'ils impriment aux faces de trituration, les plus importants des mouvements de ce maxillaire sont les mouvements postéro-antérieures et antéro-postérieures. Par suite du mode d'articulation du condyle, ces mouvements se font dans la direction de la diagonale qui unit les angles postéro-interne (PI) et antéro-externe (AE) de la face de trituration des molaires inférieures. Cette direction est indiquée naturellement par les rayures qui sillonnent le cément de la partie postérieure de la face de trituration de ces molaires; la direction de ces rayures est parallèle à la diagonale PI — AE, que je désigne, conventionnellement, sous le nom de *diagonale d'usure*, pour la distinguer de la diagonale PE — AI, que j'appelle *diagonale de résistance*. Chaque diagonale de la face de trituration des molaires inférieures coïncide avec la diagonale de nom contraire et s'entre-croise avec la diagonale de même nom des molaires supérieures.

Par d'autres procédés, je suis arrivé au même résultat : ni la face de trituration des molaires inférieures n'est régulièrement concave, ni celle des molaires supérieures n'est régulièrement convexe, mais la première est tordue suivant la diagonale d'usure PI — AE, tandis que la dernière est tordue suivant la diagonale d'usure PE — AI. Le sens de la torsion de l'une et de l'autre est différent, car la face de trituration des molaires inférieures est inclinée vers l'intérieur à sa face postérieure, et vers l'extérieur à sa partie antérieure, tandis que la face de trituration des molaires supérieures, inversement, est inclinée vers l'extérieur à sa partie postérieure et vers l'intérieur à sa partie antérieure. Ces connaissances nous permettent donc de comprendre, pourquoi le cément qui remplit les vallées qui séparent les lames des dernières vraies molaires d'*Elephas africanus* est plus profondément érodé sur le bord postéro-externe des molaires supérieures et sur le bord postéro-interne des molaires inférieures, que sur leurs bords opposés.

III. Non seulement la face de trituration, mais aussi la couronne tout entière des molaires est tordue. Il suffit de regarder une troisième molaire inférieure de *Mastodon arvernensis* ou d'*Elephas meridionalis* pour s'en convaincre. La torsion de la couronne est la conséquence du *mouvement de*

torsion qu'accomplit la molaire pendant sa progression d'arrière en avant, ce qui résulte des observations suivantes :

a. Les lames postérieures des germes des dernières vraies molaires inférieures d'*Elephas indicus* sont inclinées vers l'intérieur, les lames du milieu sont redressées, tandis que les lames antérieures sont inclinées vers l'extérieur. Pendant la progression de la molaire, les lames du milieu s'inclinent vers l'extérieur et les lames postérieures à leur tour, d'abord se redressent et ensuite s'inclinent vers l'extérieur.

b. La couronne du germe des dernières vraies molaires inférieures de *Mastodon angustidens* n'est pas horizontale dans son alvéole, par rapport à la direction du maxillaire, mais elle est inclinée vers l'intérieur de la bouche, à sa partie postérieure plus qu'à sa partie antérieure, ce qui veut dire qu'elle est tordue. La torsion s'est accomplie suivant la diagonale d'usure PI-AE, comme chez les molaires des *éléphants*.

Si l'on met une pareille couronne de germe de molaire de *Mastodon angustidens* ou de *M. tapiroides*, sans racines, sur une table, la base en bas, on s'aperçoit que seulement trois de ses quatre angles, à savoir : ou les angles PI, AI et AE, ou les angles PI, PE et AE touchent la table. Dans les deux cas, les angles de la diagonale d'usure PI-AE sont en contact avec la table, tandis que les angles de la diagonale de résistance PE-AI, dans aucun des cas, ne le sont pas à la fois, et ils ne peuvent pas l'être, parce qu'ils sont tous les deux relevés, l'un (PE) pour se renverser vers l'intérieur, l'autre (AI) pour se renverser vers l'extérieur.

Le sommet de la couronne, c'est-à-dire la face de trituration non entamée par l'érosion, est tordu dans le même sens que la base.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Oxydation simultanée du sang et du glucose.* Note de M. R. Fosse, présentée par M. E. Roux.

Nous avons établi que les aliments que l'homme consomme le plus abondamment, les hydrates de carbone, possèdent la faculté d'engendrer l'urée par oxydation en présence de l'ammoniaque ([1]).

Lorsqu'on brûle du glucose par voie humide, en présence d'ammoniaque, celle-ci ne saurait échapper à l'obligation de former de l'urée, même si cette

---

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1448.

base n'existe qu'à l'état de traces (1^{cg}) ou à la dilution de 1^{cg} par litre ([1]). De là résulte l'existence probable d'une relation insoupçonnée entre deux importantes fonctions de la physiologie animale, la glycogénèse et l'uréogénèse. Les expériences qui suivent confirment encore cette hypothèse.

1. *L'aptitude du glucose à produire l'urée n'est pas moins remarquable, lorsqu'on provoque son oxydation en présence de la substance mère de l'ammoniaque dans l'organisme, l'albumine elle-même.*

Tandis que le rendement en urée dans l'oxydation des albuminoïdes seuls est assez faible, il s'élève à des valeurs considérables, si, dans des conditions convenables, on oxyde simultanément les protéiques du sang et le glucose.

Ici, encore, on constate la formation d'un terme intermédiaire uréogène, *l'acide cyanique*, découvert par nous dans les produits d'oxydation des substances organiques ([2]).

2. *Le rendement en urée, formée par oxydation du sang additionné de glucose, s'accroît, dans certaines limites, avec la proportion de glucose et d'oxygène consommés.*

Expérience I. — Dans un vase cylindrique de 1^{l}, contenant le sang, le permanganate de potassium pulvérisé et assez d'eau pour rendre le mélange fluide, on laisse écouler goutte à goutte et en agitant, une solution de glucose à $\frac{1}{10}$ jusqu'à destruction complète du per-sel.

				Urée xanthylée pour 10^{cm} de liqueur		Urée par litre de sang	
Sang.	Glucose.	MnO^4K.	Filtrat et eaux de lavage.	avant chauffage.	après chauffage avec NH^4Cl.	avant chauffage.	après chauffage avec NH^4Cl.
cm	g	g	cm	g	g	g	g
10	0,8	20	100	0,028	0,103	4	14,7
10	2	30	150	0,016	0,094	3,4	20,1

Expérience II. — Même mode opératoire. Titres du sang par litre : N, 31^{g},78; urée, 0^{g},307; azote de l'urée, 0^{g},14.

([1]) R. Fosse, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 30, 1916, p. 667 et 672.
([2]) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 320.

Sang.	Glucose.	MnO^4K.	Filtrat et eaux de lavage.	Urée xanthylée pour 10^{cm^3} de liqueur — avant chauffage.	Urée xanthylée pour 10^{cm^3} de liqueur — après chauffage avec NH^4Cl.	Urée par litre de sang — avant chauffage.	Urée par litre de sang — après chauffage avec NH^4Cl.	$\frac{\text{N, urée (1)}}{\text{N, total du sang}} \times 100$.
cm³	g	g	cm³	g	g	g	g	g
10......	1,4	20	150	0,008	0,052	1,71	11,14	16,3
10......	2,3	30	150	0,0146	0,0665	3,12	14,25	20,9
20......	3,2	37	250	0,021	0,1075	3,75	19,19	28,2

3. La quantité d'urée formée s'élève encore pour atteindre 40^g par litre de sang, et dépasser singulièrement ainsi le titre des urines humaines les plus riches en urée, si l'on opère ainsi qu'il suit :

Proportion des réactifs :

Sang de l'expérience précédente, dilué à $\frac{1}{5}$.......	5^{cm^3}
MnO^4K pulvérisé..............................	4^g
Solution de glucose $D = 1,090$.................	$1^{cm^3},9$

Mode opératoire. — Dans un vase conique de 150^{cm^3} environ, contenant le sang et MnO^4K, mêlés et préalablement portés, durant quelques minutes, dans un bain d'eau à 80°, on introduit, hors du bain, goutte à goutte et en agitant, la solution de glucose. Après destruction complète du per-sel, addition d'eau, de chlorure d'ammonium et chauffage, 1^h vers 95°, on traite le résidu presque sec par de l'acide acétique à 66 pour 100, essore et lave avec le même réactif, de manière à obtenir environ 50^{cm^3} de liqueur, à laquelle on ajoute, en deux fois, 4^{cm^3} de xanthydrol méthylique à $\frac{1}{10}$.

$$CO\left[NH - CH\left\langle {C^6H^4 \atop C^6H^4} \right\rangle O\right]^2 \text{ (après 4-6 heures)} = 0^g,283.$$

D'où urée, pour 1^l de sang : $40^g,4$.

---

(1) Une partie de l'azote de l'urée provient du chlorure d'ammonium ajouté.

PARASITOLOGIE. — *Action toxique comparée de quelques substances volatiles sur divers insectes.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et M[me] **M. Rosenblatt**, présentée par M. Marchal.

Nous avons appliqué la méthode décrite antérieurement par l'un de nous (¹), à propos de l'action toxique exercée par la chloropicrine sur les insectes, à la mesure de l'activité de plusieurs substances volatiles déjà employées ou susceptibles d'être employées pour la destruction de quelques uns de ces animaux parasites.

Nos recherches ont porté comparativement sur des substances appartenant aux anesthésiques (l'éther, le chloroforme, le sulfure et le tétrachlorure de carbone), aux lacrymogènes (la monochloracétone et le bromure de benzyle, aux substances à la fois lacrymogènes et suffocantes (le nitrochloroforme ou chloropicrine) et aux substances purement toxiques (l'acide cyanhydrique).

Elles ont été effectuées principalement sur une espèce de chenille : la livrée des arbres ou larve de *Bombix neustria* L., que nous avons pu nous procurer en quantité suffisante, sur des ormes, à proximité du laboratoire. Mais, autant que le nombre des individus dont nous disposions nous l'a permis, nous avons étendu nos recherches à la pyrale de la vigne, à l'eudémis de la grappe, à une espèce de noctuelle et à la larve de tenthrède du peuplier.

Les parasites ont été soumis à l'action des mélanges titrés d'air et de vapeur pendant une durée qui était en général de 10 minutes, mais qui a été portée dans certains cas à une demi-heure et à 1 heure. C'est en multipliant les expériences avec des mélanges de concentration variée et en notant les effets produits que nous avons déterminé la valeur toxique relative des diverses substances énumérées plus haut.

Voici, brièvement résumés, les résultats que nous avons obtenus en opérant sur la livrée des arbres.

L'*éther* n'est pas très actif. A la dose de $0^{g},50$ par litre, il ne détermine encore, après 10 minutes, qu'une anesthésie momentanée : sur trois chenilles adultes, une s'est

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 742-744. A la fin de la troisième ligne de la page 744, au lieu de : selles, il faut lire : sols.

ranimée un quart d'heure après la sortie du flacon, les deux autres après un demi-heure. Ces chenilles ont tissé leur cocon respectivement après 4 jours, 5 jours et 7 jours.

Le *chloroforme* est un peu plus actif que l'éther. Après avoir subi son action pendant 10 minutes à la concentration indiquée ci-dessus, trois chenilles se sont ranimées au bout de 55 minutes. Deux jours après, elles étaient encore vivantes, mais peu mobiles. Une exposition d'un quart d'heure à la concentration de 5^{mg} à 10^{mg} par litre suffit toutefois pour atteindre une légère anesthésie.

Le *sulfure de carbone* est nettement plus toxique que l'éther et le chloroforme. Après 10 minutes d'exposition dans une atmosphère à $0^{g},50$ par litre, trois chenilles sont restées immobiles pendant plusieurs jours; elles semblaient mortes, mais réagissaient au toucher par de faibles mouvements. Après 5 jours, deux ont tissé leur cocon; la troisième était morte.

Le *tétrachlorure de carbone* se comporte à peu près comme le chloroforme; il semble toutefois qu'une dose un peu plus élevée soit nécessaire pour obtenir les mêmes effets.

La *monochloracétone* est beaucoup plus active que les substances précédentes. On peut déjà tuer les larves par une exposition de 10 minutes dans une atmosphère qui renferme seulement quelques centigrammes de liquide volatil par litre.

Le *bromure de benzyle* détermine, à la concentration de quelques centigrammes par litre, une excitation passagère et de vives contorsions. Au point de vue toxique, il se place entre le sulfure de carbone et la monochloracétone.

La *chloropicrine* présente une activité encore plus grande que la monochloracétone, car une exposition de 10 minutes dans une atmosphère renfermant quelques milligrammes par litre peut suffire à provoquer la mort plus ou moins tardive des larves.

L'*acide cyanhydrique* se range à côté de la chloropicrine, mais il est plutôt un peu moins toxique. A de faibles concentrations, auxquelles la chloropicrine semble d'abord sans effet, il provoque une anesthésie ou paralysie complète des chenilles pouvant faire croire à la mort, mais après quelque temps les animaux se raniment et reprennent peu à peu leurs fonctions. Il faut des doses un peu plus fortes que celles de chloropicrine pour entraîner la même mortalité.

Comme nous l'avons mentionné au commencement de cette Note, nous avons étendu nos recherches à trois autres chenilles et à une larve d'hyménoptère. Dans la mesure où le nombre des individus disponibles a permis de multiplier les expériences, il n'est pas apparu de différence profonde dans la toxicité d'une même substance pour diverses espèces [1] et le classement de ces substances est resté identique. Il est probable, d'après ces

---

[1] Peut-être dans le rapport du simple au double.

premières constatations, que les résultats obtenus avec la livrée des arbres sont déjà susceptibles d'une assez grande généralisation. En tout cas, ils font ressortir le grand pouvoir parasiticide de la chloropicrine, au moins égal en pratique à celui de l'acide cyanhydrique, et donnent une idée de la proportion suivant laquelle on pourrait remplacer les substances examinées les unes par les autres en vue de diverses applications.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de présenter une liste de candidats à l'une des places de Membres de la Division des Applications de la Science à l'Industrie, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne	M. HILAIRE DE CHARDONNET
En deuxième ligne, ex æquo, par ordre alphabétique	MM. GEORGES CLAUDE MAXIME LAUBEUF LOUIS LUMIÈRE MAURICE PRUD'HOMME CHARLES RABUT

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures et demie.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de février 1919 (*suite et fin*).

Observatoire de Zikawei. *La température en Chine et à quelques stations voisines, d'après des observations quotidiennes compilées* par H. Gauthier; t. I : Introduction. Tableaux quotidiens (janvier-avril); — t. II : Tableaux quotidiens (mai-septembre); — t. III : Tableaux quotidiens (octobre-fin). — Appendice. T'Ou-Sè-Wè, près Changhaï, Imprimerie de la mission catholique, 1918; 3 vol. 31cm,5. (Présentés par M. Bigourdan.)

Travaux et Notices publiés par l'Académie d'agriculture de France, t. I. Paris, Académie d'agriculture, 1918; 1 vol. 22cm,5.

Bref och Skrifvelser af och till Carl von Linné, med understöd af Svenska Staten utgifna af Upsala Universitet; första afdeningen, del VII. Upsala, A. B. Akademiska Bokhandeln, 1917; 1 vol. 24cm,5.

Canada. Ministère des Mines. Commission géologique. Mémoire 92 : *Étude d'une partie de la région du lac Saint-Jean, Québec*, par John A. Dresser; — Mémoire 98 : *Gisements de magnésite du district de Grenville, comté d'Argenteuil, Québec*, par M. E. Wilson. Ottawa, Imprimerie du gouvernement, 1918; 2 fasc. 25cm.

Annuaire astronomique et météorologique pour 1919, par Camille Flammarion. Paris, Flammarion, 1919; 1 vol. 18cm.

Subsidios para o estudo das relações exteriores de Portugal em seguida á restauração (1640 1649), por Carlos Roma da Bocage, vol. I. Lisboa, Academia das sciencias, 1916; 1 vol. 23cm.

Boletim bibliográfico da Academia das sciências de Lisboa, segunda série, vol. II, fasc. 1. Coimbra, imprensa da universidade, 1918; 1 fasc. 30cm.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE MARS 1919.

Leçons de calcul des probabilités faites à l'Université de Gand de 1846 *à* 1890, par EMMANUEL-JOSEPH BOUDIN, publiées avec des notes et additions par PAUL MANSION. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1916; 1 vol. 25cm.

Société de Pathologie exotique. *Bulletin*, t. XI, 1918. Paris, Masson, 1918; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Laveran.)

Congrès de l'Étang et de l'élevage de la Carpe. Mémoires et comptes rendus publiés par LOUIS ROULE et ERNEST POHER. Paris, au Secrétariat du Congrès, 1919; 1 vol. 25cm. (Présentés par M. Edmond Perrier.)

Le Choléra, par H. VIOLLE. Préface de M. E. ROUX. Paris, Masson, 1919; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Roux.)

Ambulance de « L'Océan », La Panne. Travaux publiés, sous la direction du Dr A. DEPAGE, par les Drs A.-P. DASTIN et G. DEBAISIEUX; t. I, fasc. I et II; t. II, fasc. I. Paris, Masson, 1917-1918; 3 vol. 25cm.

Création d'un centre mondial de communication, par OLIVIA CUSHING ANDERSEN et ANDRIK CHRISTIAN ANDERSEN. *Science positive du gouvernement*, par UMANO; *les avantages économiques*, par JEREMIAH W. JENKS. Rome, chez les auteurs, 1918; 1 vol. 46cm,5.

ERRATA.

—

(Séance du 14 avril 1919.)

Note de M. *Fred Vlès*, Sur la transmission des émulsions de bactéries et d'hématies :

Page 794, formule (1), *au lieu de* $(Cn^{-1} + D)$, *lire* $(Cv^{-1} + D)$.